



TUGAS AKHIR - TE 141599

**ANALISIS STABILITAS TRANSIEN DAN PELEPASAN  
BEBAN DI PT. PETROKIMIA GRESIK MENGGUNAKAN  
METODE *RATE OF CHANGE OF FREQUENCY***

Riski Arif Sucahyo  
NRP 2213105050

Dosen Pembimbing  
Dr . Ardyono Priyadi . ST .,M.Eng.  
Dr . Ir.Margo Pujiantara MT

PROGRAM TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



*FINAL PROJECT - TE 141599*

*ANALISIS TRANSIENT STABILITY AND LOAD  
SHEDDING IN PT. PETROKIMIA GRESIK BY THE RATE  
OF CHANGE OF FREQUENCY*

Riski Arif Sucahyo  
NRP 2213105050

*Counsellor*

Dr . Ardyono Priyadi . ST .,M.Eng.  
Dr . Ir.Margo Pujiantara MT

*Electrical Engineering Progam  
Industrial Technology Faculty  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015*

**ANALISIS STABILITAS TRANSIEN DAN PELEPASAN BEBAN  
DI PT. PETROKIMIA GRESIK MENGGUNAKAN METODE  
*RATE OF CHANGE OF FREQUENCY***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga**

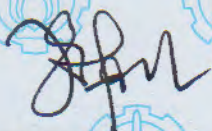
**Jurusan Teknik Elektro**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui:**

**Dosen Pembimbing I**



**Dr. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng.**  
**NIP. 1973 09 27 1998 03 1004**

**Dosen Pembimbing II**



**Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.**  
**NIP. 1966 03 18 1990 10 1001**

**SURABAYA**  
**JULI, 2015**

## ABSTRAK

Penulis Tugas Akhir : Riski Arif Sucahyo(2213105050)  
Dosen Pembimbing I : Dr. Ardyono Priyadi . ST .,M.Eng.  
Dosen Pembimbing II : Dr. Ir.Margo Pujiantara MT

PT.PETROKIMIA Gresik mengoperasikan Gas Turbine Generator (GTG Plant-I) 1x33 MW, Steam Turbine Generator (STG Plant-III) 1x11.5 MW dan 1x8.5 MW serta Daya dari PLN dengan kontrak 20 MVA. Pada tahun 2010 Petrokimia akan meningkatkan keandalan dengan menambahkan satu unit pembangkit Steam Turbine Generator (STG KEBB Plant) sebesar 1x32 MW. Untuk meningkatkan keandalan dan spinning reserve, Unit-unit pembangkit tersebut akan diintegrasikan langsung ke sistem tegangan 20 KV. Dengan kondisi normal 4 unit beroperasi. Kapasitas total beban listrik yang dipergunakan adalah 53,7 MW. Pada tugas akhir ini difokuskan pada Analisis Stabilitas transien yang meliputi Kestabilan tegangan dan kestabilan frekuensi , serta pelepasan beban (load shedding) saat terjadi gangguan generator lepas / trip . Pelepasan beban secara otomatis dengan menggunakan Relay Frekuensi dapat mencegah penurunan frekuensi dan mengembalikan ke kondisi frekuensi yang normal . Kasus ini akan dianalisa dengan menggunakan bantuan software ETAP 12.6 Power station . Dari jenis gangguan penyebab stabilitas transien yang hanya dianalisa pada tugas akhir ini di fokuskan saat terjadi gangguan generator lepas/trip yang memerlukan pelepasan beban (load shedding ) sebesar 17.2 MW untuk mengembalikan respon frekuensi dan tegangan agar sistem berada dalam kondisi stabil .

**Kata kunci** : stabilitas transien , pelepasan beban

## **ABSTRACT**

*Student Name* : Riski Arif Sucahyo(2213105050)  
*Counsellor Name I* : Dr. Ardyono Priyadi . ST .,M.Eng.  
*Counsellor Name II* : Dr. Ir.Margo Pujiantara MT

*PT.PETROKIMIA Gresik Gas Turbines operate Generator ( GTG Plant - I) 1x33 MW Steam Turbine Generator ( STG Plant - III ) 1x11.5 MW and 1x8.5 MW And Power Of Contract with PLN 20 MVA . On Year 2010 ,PT.PETROKIMIA will increase reliability by adding one Steam Turbine Generating Unit Generator ( STG KEBB Plant ) of 1x32 MW . To improve the reliability and spinning reserve , units of the power plant will be integrated directly into the system voltage 20 KV . The four units are operating under normal conditions . Total capacity of the electrical load used is 53.7 MW. This it's focused on transient stability analysis covering the voltage stability and frequency stability , as well as the release of the load ( load shedding ) in the event of disturbance generator off / trip . to release the load shedding by automatically using Frequency Relay can prevent a decrease in the frequency and return to the normal frequency conditions . This case will be analyzed with the help of software ETAP Power station 12.6 . From the type of disorder causes only transient stability analysis in this final in the event of disruption generator focused freelance / trip that requires the release of the load ( load shedding ) of 17.2 MW to restore the frequency response and voltage for the system to be in stable condition .*

*Keywords : transient stability , load shedding*

## **KATA PENGANTAR**

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala Rahmat, Karunia , dan Petunjuk yang telah dilimpahkan-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

### **Analisis Stabilitas Transien dan Pelepasan beban di PT PETROKIMIA Gresik menggunakan metode Rate of Change of Frequency**

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga , Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri , Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat menambah ilmu dan wawasan bagi para pembaca mengenai analisis stabilitas transien dan pelepasan beban khususnya di PT PETROKIMIA Gresik . Disamping itu perlu juga adanya studi lebih lanjut mengenai implementasi di kemudian hari .

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan , untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi penyempurnaan di masa yang akan datang .

Surabaya , Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERNYATAAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1.Latar Belakang masalah	1
1.2 Permasalahan dan batasan masalah	1
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Metode Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
1.6 Relevansi	4
 BAB II DASAR TEORI	 
2.1 Sistem Pembangkitan Listrik	5
2.2 Mekanisme Kerja PLTG	5
2.3 Gangguan beban lebih	7
2.3.1 Penanggulangan Untuk Gangguan Beban Lebih	8
2.3.2 Pengertian Stabilitas	9
2.4 Pelepasan beban	10
2.4.1 Akibat Beban Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik	10
2.4.2 Persamaan Ayunan ( <i>Swing Equation</i> )	11
2.4.3 Pelepasan Beban Akibat Penurunan Frekuensi	12
2.4.4 Syarat Pelepasan Beban	13
2.5 Penurunan Frekuensi Akibat Beban Lebih	14
2.5.1 Laju penurunan Frekuensi	14
2.6 Pengaturan <i>Under Frekuensi Relay</i>	15
2.7 Perkiraan Tahapan Frekuensi Acuan	17
2.7.1 Penentuan Frekuensi Acuan Tahap Pertama	17
2.7.2 Penentuan Frekuensi Acuan Tahap Kedua	18

dan Seterusnya	
2.7.3 Pengaturan Frekuensi Minimum	19
2.8 Jenis Beban yang dilepaskan	20
2.9 <i>ETAP (Electrical Transient Analyzer Program)</i>	20
2.9.1 Gambaran Umum	21
2.9.2 <i>Single Line Diagram</i>	22
2.9.3 <i>Library</i>	23
2.9.4 Standar yang Dipakai	23
 BAB III SISTEM KELISTRIKAN PT.PETROKIMIA Gresik	
3.1 Sistem Pembangkitan Tenaga Listrik PT.PETROKIMIA Gresik	25
3.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik PT . PETROKIMIA Gresik	26
3.3 Beban Tenaga Listrik PT.PETROKIMIA Gresik	30
3.4 Metode Laju Perubahan Frekuensi	38
 BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS	
4.1. Pemodelan Sistem kelistrikan PT.PETROKIMIA Gresik	41
4.2 Generator trip (menggunakan rancangan load shedding) di PT PETROKIMIA Gresik	44
4.2.1 Generator GTG 100 Trip tanpa skema shedding	44
4.2.2 Generator GTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap I	45
4.2.3 Generator GTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap II	47
4.2.4 Generator GTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap III	49
4.2.5 Generator GTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap IV	50
4.3 Generator BTG 100 Trip tanpa skema shedding	53
4.3.1 Generator BTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap I	54
4.3.2 Generator BTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap II	55
4.3.3 Generator BTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap III	57



4.3.4 Generator BTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap IV	59
4.4 Generator TG65 dan TG66 Trip tanpa skema shedding	62
4.4.1 Generator TG65 dan TG66 trip dan dilakukan load shedding tahap I	63
4.5 Generator TG65 trip	65
4.5 Generator TG66 trip	66
4.6 Generator trip (Menggunakan Rancangan load shedding 6 tahap standard ANSI/IEEE C37 106-1987)	67
4.6.1 Generator GTG100 trip tanpa skema load shedding (menggunakan rancangan load shedding 6 tahap standar ANSI/IEEE C37 106-1987)	67
4.6.2 Generator GTG trip skema Load shedding I	68
4.6.3 Generator GTG100 trip skema Load shedding II	69
4.6.4 Generator GTG100 trip skema Load shedding III	73
4.6.5 Generator GTG100 trip skema Load shedding IV	73
4.6.6 Generator GTG100 trip skema Load shedding V	75
4.6.7 Generator GTG100 trip skema Load shedding VI	77
4.7 Generator BTG100 trip tanpa skema load shedding menggunakan rancangan load shedding 6 tahap standar ANSI/IEEE C37 106-1987)	80
4.7.1 Generator BTG trip skema Load shedding I	82
4.7.2 Generator BTG100 trip skema Load shedding II	83
4.7.3 Generator BTG100 trip skema Load shedding III	84
4.7.4 Generator BTG100 trip skema Load shedding IV	86
4.7.5 Generator BTG100 trip skema Load shedding V	88
4.7.6 Generator BTG100 trip skema Load shedding VI	90
 BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	97
5.2 Saran	98
 DAFTAR PUSTAKA	99
BIODATA PENULIS	101
LAMPIRAN (SINGLE LINE DIAGRAM)	

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Rentang Tingkat Frekuensi Tertinggi Untuk Bekerja	17
Table 2.2 Rentang Pengaturan Frekuensi Terendah Rele Bekerja	22
Tabel 3.1.Data Pembangkit di PT PETROKIMIA Gresik	24
Tabel 3.2. Data Trafo Daya di PT.PETROKIMIA Gresik	25
Tabel 3.3 Data Beban motor di PT.PETROKIMIA Gresik	29
Tabel 3.4 Data Beban Lump di PT.PETROKIMIA Gresik	34
Tabel 3.5 Data Beban Statis di PT.PETROKIMIA Gresik	36
Tabel 3.6 Spesifikasi data Relay Rocof atau relay frekuensi	38
Tabel 3.7 Data setting Frekuensi Relay(Rocof) dan Hasil pengukuran beban Load Shedding di PT PETROKIMIA Gresik	38
Tabel 4.1 kombinasi studi kasus yang dibahas	42
Tabel 4.2 khusus stabilitas transien yang di bahas	43
Tabel 4.3 Load shedding Tahap I standar ANSI/IEEE C37 106-1987	69
Tabel 4.4 Load shedding Tahap II standar ANSI/IEEE C37 106-1987	71
Tabel 4.5 Load shedding Tahap III standar ANSI/IEEE C37 106-1987	75
Tabel 4.6 Load shedding Tahap IV standar ANSI/IEEE C37 106-1987	76
Tabel 4. 7 Load shedding Tahap I standar ANSI/IEEE C37 106-1987	77
Tabel 4.8 Load shedding Tahap VI standar ANSI/IEEE C37 106-1987	78
Tabel 4.9 Relay frekuensi Rocof PT.PETROKIMIA Gresik	79
Tabel 4.10 standar ANSI/IEEE C37 106-1987	80
Tabel 4.11 Load shedding Tahap I standar ANSI/IEEE C37 106-1987	82
Tabel 4.12 Load shedding Tahap II standar ANSI/IEEE C37 106-1987	84
Tabel 4.13 Load shedding Tahap III standar ANSI/IEEE C37 106-1987	

Tabel 4.14 Load shedding Tahap IV standar ANSI/IEEE C37 106-1987	86
Tabel 4. 15Load shedding Tahap I standar ANSI/IEEE C37 106-1987	88
Tabel 4.16 Load shedding Tahap VI standar ANSI/IEEE C37 106-1987	90
Tabel 4.17 Relay frekuensi Rocof PT.PETROKIMIA Gresik	79
Tabel 4.18 standar ANSI/IEEE C37 106-1987	91

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema Pembangkitan Listrik Tenaga gas (Sumber : Azmi, 2008)	6
Gambar 2.5 Toolbar Edit	22
Gambar 2.6 Toolbar Edit	23
Gambar 4.2 Respon Frekuensi Generator GTG 100 saat Trip tanpa <i>Load shedding</i>	44
Gambar 4.3 Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01	45
Gambar 4.4 Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap I	46
Gambar 4.5 Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 dan dilakukan load shedding tahap I	46
Gambar 4.6 Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap II	47
Gambar 4.7 Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 dan dilakukan load shedding tahap II	48
Gambar 4.8 Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap III	49
Gambar 4.9 Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 dan dilakukan load shedding tahap III	50
Gambar 4.10 Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap IV	51
Gambar 4.11 Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 dan dilakukan load shedding tahap IV	52
Gambar 4.12 Respon Frekuensi Generator BTG 100 saat Trip tanpa <i>Load shedding</i>	53
Gambar 4.13 Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01	53
Gambar 4.14 Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap I	54
Gambar 4.14 Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880	55

dan B GEN 01 Dan load shedding tahap I	
Gambar 4.16 Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap II	56
Gambar 4.17 Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 Dan load shedding tahap II	57
Gambar 4.18 Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap III	58
Gambar 4.19 Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 Dan load shedding tahap III	59
Gambar 4.20 Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap IV	60
Gambar 4.21 Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01	62
Gambar 4.22 Respon Frekuensi Generator TG65 dan TG66	62
Gambar 4.23 Respon tegangan di Main Busbar , PS-2880 dan B GEN 01	62
Gambar 4.24 Respon Frekuensi Generator TG65 dan TG66 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap I	63
Gambar 4.25 Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01	64
Gambar 4.26 Respon Frekuensi Generator TG65	65
Gambar 4.27 Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01	66
Gambar 4.28 Respon Frekuensi Generator TG66	66
Gambar 4.29 Respon tegangan Generator	67
Gambar 4.30 Respon Frekuensi Generator GTG100 dengan load shedding 1	68
Gambar 4.31 Respon tegangan Generator	68
Gambar 4.32 Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap II	69
Gambar 4.33 Respon tegangan Generator	70
Gambar 4.34 Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap III	71
Gambar 4.35 Respon tegangan Generator	72
Gambar 4.36 Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap IV	73
Gambar 4.37 Respon tegangan Generator	74
Gambar 4.38 Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap V	75

Gambar 4.39 Respon tegangan generator	76
Gambar 4.40 Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap VI	77
Gambar 4.41 Respon tegangan generator	78
Gambar 4.42 Respon Frekuensi Generator BTG100 dengan load shedding I	81
Gambar 4.43 Respon tegangan Generator	81
Gambar 4.44 Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap II	82
Gambar 4.45 Respon tegangan Generator	83
Gambar 4.46 Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap III	84
Gambar 4.47 Respon tegangan Generator	85
Gambar 4.48 Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap IV	86
Gambar 4.49 Respon tegangan Generator	87
Gambar 4.50 Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap V	88
Gambar 4.51 Respon tegangan generator	89
Gambar 4.52 Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan <i>Load shedding</i> tahap VI	90
Gambar 4.53 Respon tegangan generator	91

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Pada suatu sistem jika mengalami gangguan besar yang bersifat mendadak dengan asumsi bahwa pengaturan tegangan otomatisasi belum bekerja. Kelebihan daya mekanis terhadap daya listrik mengakibatkan percepatan pada putaran rotor generator atau sebaliknya, bila gangguan tersebut tidak dihilangkan segera maka percepatan (*acceleration*) dan perlambatan (*deceleration*) putaran rotor generator akan mengakibatkan hilangnya sinkronisasi dalam sistem. Stabilitas sistem tenaga listrik adalah suatu kemampuan sistem tenaga listrik atau bagian komponennya untuk mempertahankan sinkronisasi dan keseimbangan dalam sistem. Batas stabilitas sistem adalah daya-daya maksimum yang mengalir melalui suatu titik dalam sistem tanpa menyebabkan hilangnya stabilitas.

Perubahan beban yang signifikan pada suatu sistem kelistrikan dapat menyebabkan suatu sistem berjalan diluar batas stabil, Sehingga stabilitas sistem pada sistem kelistrikan sangat diperlukan, hal itu juga merupakan tujuan dilakukannya pembahasan kasus ini. Untuk menanggulangi suatu sistem agar mencapai kestabilan tersebut dilakukan proses *load shedding*. Lokasi yang akan diteliti pada tugas akhir ini adalah PT Petrokimia Gresik. Beberapa jenis gangguan yang sering terjadi disana yaitu : generator lepas/*trip*

### **1.2 Permasalahan dan batasan masalah**

Permasalahan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana konfigurasi sistem kelistrikan PT.PETROKIMIA Gresik ?
2. Bagaimana memodelkan sistem kelistrikan di PT.PETROKIMIA Gresik dengan menggunakan software ETAP 12.6 Power Station ?
3. Analisis dan Simulasi Transient Stability Study Case ETAP 12.6 dengan memperhatikan respon generator, yang meliputi respon frekuensi dan tegangan akibat adanya gangguan berupa generator lepas/*trip* pada sistem kelistrikan PT.PETROKIMIA Gresik

4. Evaluasi karakteristik beban dan perancangan skema *load shedding* dan kordinasinya dalam melepaskan beban.

### 1.3 Maksud dan Tujuan

Tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah :

1. Melaksanakan studi mengenai kestabilan transien sistem kelistrikan PT.PETROKIMIA , Gresik untuk mendapatkan rekomendasi yang diperlukan sehingga dicapai keandaln dan stabilitas yang layak dan mampu mengatasi setiap gangguan yang mungkin terjadi antara lain :generator lepas / trip.
2. Merancang suatu skema load shedding yang handal agar sistem kelistrikan PT Petrokimia Gresik guna menjaga beban – beban kritis akibat gangguan yang telah disebutkan sebelumnya.

### 1.4 Metode Penelitian

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini, ada beberapa kegiatan yang dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Studi literatur  
Penulis mempelajari literatur Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil data dari perusahaan beserta philosophy dari sistem pelepasan beban pada perusahaan
2. Pengumpulan Data  
Pengambilan data yang didapatkan dari *single line diagram* berupa spesifikasi peralatan yang meliputi generator, transformator, motor, CB, dan peralatan lainnya.
3. Simulasi  
Data yang diperoleh kemudian diolah untuk melihat sistem bekerja dan menganalisa dari perubahan frekuensi, kecepatan putaran generator, dan dari perubahan tegangannya,dengan menggunakan *software* ETAP 12.6
- 4 . Analisa Data  
Dari simulasi dan pemodelan didapatkan sistem kelistrikan pabrik untuk *load shedding* dari sistem kelistrikan tersebut kemudian dilakukan analisa terhadap hasil tersebut.
- 5 Penulisan Buku Tugas Akhir  
Penulisan laporan adalah rangkuman kesimpulan akhir dari beberapa rangkaian metodologi diatas untuk menggambarkan hasil serta analisa dan simulasi yang telah dilakukan



### 1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, pembahasan mengenai sistem alat yang dibuat, dibagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

**BAB 1 : Pendahuluan**

Bab ini akan membahas tentang penjelasan mengenai latar belakang , permasalahan , batasan masalah tujuan , metode penilitihan , sistematika pembahasan dan relevansi

**BAB 2 : Kestabilan Sistem Tenaga Listrik**

Bab ini secara besar membahas teori – teori penunjang mengenai stabilitas transien dan konsep pelepasan beban (*load shedding*).

**BAB 3 : Sistem Kelistrikan PT.PETROKIMIA Gresik**

Bab ini membahas sistem kelistrikan industri di PT.PETROKIMIA , Gresik.

**BAB 4 : Simulasi dan Analisis**

Bab ini akan membahas data yang sudah disimulasikan berupa respon generator , yang meliputi respon frekuensi ,tegangan sebelum dan sesudah generator lepas / trip

**BAB 5 : Penutup**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah dilakukan.

### 1.6 Relevansi

Relevansi dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Dapat menjadi refrensi bagi PT.PETROKIMIA , Gresik untuk merancang ulang skema load shedding jika terdapat gangguan berupa generator lepas/trip guna menjaga stabilitas dan keandalan sistem kelistrikannya
2. Dapat menjadi refrensi bagi mahasiswa lain yang hendak mengambil masalah yang serupa untuk penelitian tugas akhir selanjutnya.

*---Halaman ini sengaja dikosongkan---*

## **BAB II**

### **Kestabilan Sistem Tenaga Listrik**

#### **2.1 Sistem Pembangkitan Listrik**

Rangkaian proses dan penghasilan energi listrik hingga energi tersebut dimanfaatkan bagi orang banyak secara aman disebut dengan sistem tenaga listrik. Energi listrik mula-mula dibangkitkan oleh generator yang memanfaatkan berbagai penggerak utama. Dalam hal ini yang dihasilkan oleh generator adalah suatu tegangan dan arus yang nantinya akan ditransmisikan ke beban. Kemudian, tahap yang harus dilalui oleh tegangan tersebut sebelum dimanfaatkan oleh konsumen adalah transmisi tenaga listrik. Komponen penting yang terdapat dalam transmisi tenaga listrik adalah transformator penaik tegangan (*Step Up*) dan saluran transmisi. Hal ini penting dilakukan karena pada umumnya letak pembangkit cukup jauh dari konsumen, untuk mengurangi rugi-rugi daya ketika penyaluran maka tegangan sistem dinaikkan sehingga arus transmisi kecil. Untuk dimanfaatkan oleh peralatan listrik yang dimiliki oleh konsumen, tegangan dari sistem transmisi masuk ke sistem distribusi. Pada sistem ini yang dibutuhkan adalah transformator penurunan tegangan (*Step Down*) dan saluran distribusi. Penurunan tegangan yang dilakukan disesuaikan dengan kebutuhan peralatan listrik. Untuk menghasilkan energi listrik yang handal dan aman bagi peralatan diperlukan sistem proteksi.

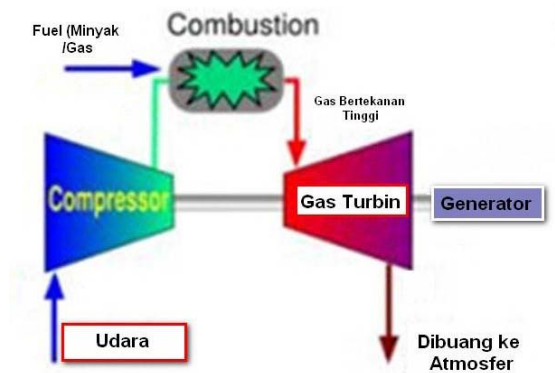
Pada sistem pembangkitan tenaga listrik, komponen utama yang dibutuhkan adalah generator dan penggerak utama (*Prime Mover*). Generator merupakan suatu mesin listrik yang mampu mengubah energi kinetik menjadi energi listrik dengan prinsip induksi elektromagnetik. Sedangkan penggerak utama dalam hal ini adalah turbine yang dikopel dengan rotor generator dan bekerja dengan memanfaatkan berbagai macam sumber energi, baik tenaga air, uap, gas maupun diesel.

Generator yang pada umumnya digunakan oleh pembangkit listrik adalah generator sinkron. Pemilihan generator sinkron sebagai pembangkit tenaga listrik disebabkan oleh karakteristik mesinnya yang mampu menghasilkan tegangan relatif konstan (Winanti, 2011).

#### **2.2 Mekanisme Kerja PLTG**

Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) merupakan sebuah pembangkit energi listrik yang menggunakan peralatan/mesin turbin gas sebagai penggerak generatornya. Turbin gas dirancang dan dibuat

dengan prinsip kerja yang sederhana dimana energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar diubah menjadi energi mekanis dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik atau energi lainnya sesuai dengan kebutuhannya. Adapun kekurangan dari turbin gas adalah sifat korosif pada material yang digunakan untuk komponen-komponen turbinnya karena harus bekerja pada temperatur tinggi dan adanya unsur kimia bahan bakar minyak yang korosif (*sulfur, vanadium* dll), tetapi dalam perkembangannya pengetahuan material yang terus berkembang hal tersebut mulai dapat dikurangi meskipun tidak dapat secara keseluruhan dihilangkan.



**Gambar 2.1** Skema Pembangkitan Listrik Tenaga gas  
(Sumber : Azmi, 2008)

Komponen sebuah pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) terdiri dari :

- Pemampat udara (*Compressor*)
- Ruang bakar (*Combustion Chamber*)
- Turbine gas
- Generator sinkron

Udara masuk kedalam kompresor melalui saluran masuk udara (*Inlet*). Kompresor berfungsi untuk menghisap dan menaikkan tekanan udara tersebut, sehingga temperatur udara juga meningkat. Kemudian udara bertekanan ini masuk kedalam ruang bakar. Di dalam ruang bakar dilakukan proses pembakaran dengan cara mencampurkan udara bertekanan dan bahan bakar. Proses pembakaran tersebut berlangsung dalam keadaan tekanan konstan sehingga dapat dikatakan ruang bakar hanya untuk menaikkan temperatur. Gas hasil pembakaran tersebut dialirkan ke turbin gas melalui suatu nozel yang berfungsi untuk mengarahkan aliran tersebut ke sudu-sudu turbin. Daya yang dihasilkan oleh turbin gas tersebut digunakan untuk memutar kompresornya sendiri dan memutar beban lainnya seperti generator listrik. Setelah melewati turbin ini gas tersebut akan dibuang keluar melalui saluran buang (*Exhaust*).

Pengaturan putaran turbin ketika mulai bergerak hingga mencapai kondisi stabil dilakukan oleh *governor*. *Governor* merupakan suatu katup yang berfungsi mengatur banyak sedikitnya bahan bakar yang dialirkan ke ruang bakar. Mode kerja *governor* menurut karakteristik tanggapan *governor* terhadap perubahan beban yang disuplai terbagi menjadi 2, yaitu :

**a. *Droop***

Merupakan suatu mode *governor* yang mengatur kecepatan turbin pada berbagai variasi beban dapat menghasilkan daya aktif keluaran generator tetap. Ketika terjadi gangguan yang mengakibatkan lepasnya beberapa beban, agar tidak terjadi pemborosan daya yang dihasilkan pengaturan kembali sistem *droop* pada generator harus dilakukan oleh operator.

**b. *Isochronous***

Merupakan suatu mode *governor* yang mengatur kecepatan turbin agar dapat menghasilkan daya aktif keluaran sesuai permintaan beban. Dengan begitu daya yang dihasilkan generator sesuai dengan kondisi beban. Sehingga apabila terjadi perubahan beban, maka *governor* akan memelihara putaran turbin agar frekuensinya tetap berada didalam rentang yang diijinkan.

## **2.3 Gangguan Beban Lebih**

Terjadinya beban lebih suatu sistem tenaga listrik antara lain adalah akibat adanya pembangkit yang dapat mensuplai daya yang sangat besar

keluar dari sistem sehingga mengakibatkan jumlah beban yang disuplai dan besarnya daya yang dihasilkan generator tidak seimbang. Akibatnya frekuensi dari generator semakin lama akan semakin turun. Hal ini tidak boleh dibiarkan terjadi karena akan mempengaruhi kinerja generator (Gunadin, 2009).

### **2.3.1 Penanggulangan Untuk Gangguan Beban Lebih**

Suatu sistem tenaga listrik hendaknya memiliki daya yang dihasilkan oleh pembangkit minimal sama dengan beban yang ditanggungsnya termasuk juga rugi-rugi daya yang mungkin terjadi pada sistem tersebut. Namun demi keamanan dan keandalan sistem, sistem pembangkit lebih baik menyiapkan cadangan daya. Ketika suatu sistem interkoneksi tenaga listrik memiliki kondisi dimana daya yang dibangkitkan tidak lagi memenuhi kebutuhan daya beban karena ada pembangkit yang keluar sistem, frekuensi generator yang masih bisa beroperasi semakin lama semakin menurun karena putaran generator semakin lambat akibat beban yang ditanggungsnya semakin besar. Penurunan frekuensi yang berkelanjutan akan mengakibatkan pemadaman total pada sistem untuk menghindari kerusakan pada sistem pembangkitan (ANSI/IEEE Std C37.102-1995). Hal-hal yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut adalah :

a. Mengoptimalkan kapasitas pembangkit yang masih beroperasi. Dalam hal ini mengoptimalkan cadangan daya pembangkit yang masih belum dimanfaatkan ketika seluruh pembangkit beroperasi dengan normal. Pengoptimalan daya ini dilakukan oleh pengaturan *governor*.

b. Pelepasan beban (*Load Shedding*)

Ketika beban lebih terjadi pada sistem tenaga listrik yang telah mengoptimalkan seluruh kapasitas daya pembangkitnya diperlukan suatu pelepasan beban untuk memperbaiki frekuensinya. Pelepasan beban ini dilakukan secara bertahap sesuai dengan tingkatan turunnya frekuensi.

c. Pemisahan sistem (*Islanding*)

Ketika penurunan frekuensi terjadi secara drastis dan pelepasan beban tidak mampu mengatasi hal tersebut, hal yang paling mungkin dilakukan

sebelum pemadaman total adalah memisahkan sistem pembangkit dan beban yang masih mampu disuplai ke dalam kelompok-kelompok kecil. Hal ini bertujuan untuk menyelamatkan sistem tenaga listrik yang masih bisa beroperasi dengan normal.

### **2.3.2 Pengertian Stabilitas :**

Suatu sistem tenaga listrik yang baik harus memenuhi beberapa syarat, seperti : "*Reliability, Quality dan Stability*".

\* *Reliability* adalah :

"Kemampuan suatu sistem untuk menyalurkan daya atau energi secara terus menerus".

\* *Quality* adalah :

"Kemampuan sistem tenaga listrik untuk menghasilkan besaran-besaran standart yang ditetapkan untuk tegangan dan frekuensi".

\* *Stability* adalah :

"Kemampuan dari sistem untuk kembali bekerja secara normal setelah mengalami suatu gangguan". Dalam sistem tenaga listrik yang baik maka ketiga syarat tersebut harus dipenuhi yaitu sistem harus mampu memberi pasokan listrik secara terus menerus dengan standar besaran untuk tegangan dan frekuensi sesuai dengan aturan yang berlaku dan harus segera kembali normal bila sistem terkena gangguan. Untuk jaringan yang sangat kompleks dimana beberapa pembangkit saling terkoneksi satu sama lain maka keluaran daya elektrik berupa besaran seperti tegangan dan frekuensi haruslah diperhatikan agar tidak ada pembangkit yang kelebihan beban dan pembangkit yang lain bebannya kecil.

Sistem tenaga listrik mempunyai variasi beban yang sangat dinamis dimana setiap detik akan berubah-ubah, dengan adanya perubahan ini pasokan daya listrik tetap dan harus disupply dengan besaran daya yang sesuai, bila pada saat tertentu terjadi lonjakan atau penurunan beban yang tidak terduga maka perubahan ini sudah dapat dikategorikan ke dalam gangguan pada sistem tenaga listrik yakni kondisi tidak seimbang antara pasokan listrik dan permintaan energy listrik akibat adanya gangguan baik pada pembangkit ataupun pada system transmisi sehingga mengakibatkan kerja dari pembangkit yang lain menjadi lebih berat. Untuk itu diperlukan satu penelaahan kestabilan agar pembangkit yang terganggu tidak terlepas dari sistem.

Analisis kestabilan biasanya digolongkan kedalam tiga jenis, tergantung pada sifat dan besarnya gangguan yaitu :

- 1) Kestabilan keadaan tetap (Steady State Stability)
- 2) Kestabilan Dinamis (Dynamic Stability)
- 3) Kestabilan Peralihan (Transient Stability)

## **2.4 Pelepasan Beban**

Pelepasan beban merupakan salah satu fenomena yang terjadi disuatu sistem tenaga listrik yang mengijinkan adanya beberapa beban keluar dari sistem sehingga menghasilkan kestabilan sisem tenaga listrik. Hal ini biasanya disebabkan oleh beban lebih pada sistem, sehingga untuk dapat mengembalikan kondisi sistem seperti sediakala diperlukan pelepasan beberapa beban tertentu. Adanya ketidaknormalan yang disebabkan oleh terjadinya beban lebih pada umumnya dipicu oleh beberapa hal, antara lain :

- a. Adanya pembangkit yang lepas dari sistem yang mengakibatkan beban yang seharusnya disuplai oleh pembangkit tersebut menjadi tanggungan pembangkit lain.
- b. Adanya gangguan pada saluran transmisi sehingga ada beberapa beban yang tidak dapat suplai oleh salah satu pembangkit dalam sistem interkoneksi.

### **2.4.1 Akibat Beban Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik**

Gangguan berupa beban lebih dapat mempengaruhi antara daya yang dibangkitkan dan permintaan beban sehingga menyebabkan beberapa hal yang dapat mengganggu kestabilan sistem, yaitu :

- a. Penurunan tegangan sistem
- b. Penurunan frekuensi

Suatu sistem tenaga listrik beserta komponennya memiliki spesifikasi aman tertentu berkaitan dengan tegangan. Setiap komponen memiliki nilai batas bawah dan batas atas tanganan operasi sistem. Hal ini berkaitan dengan pengaruh ketidakstabilan dan kualitas tegangan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan.

Sebagian besar beban pada sistem tenaga listrik memiliki faktor daya tertinggal (*lagging*) sehingga membutuhkan suplai daya reaktif



yang cukup tinggi. Ketika terjadi gangguan pada salah satu generator dalam sistem interkoneksi maka generator yang lain akan terjadi kelebihan beban. Sehingga kebutuhan daya reaktif akan semakin meningkat. Akibatnya turun tegangan yang terjadi semakin besar dan menyebabkan kondisi yang tidak aman bagi generator. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu pelepasan beban. Namun, turun tegangan bisa juga diakibatkan oleh adanya gangguan lain seperti misalnya gangguan hubung singkat. Sehingga dalam hal ini penurunan frekuensi merupakan acuan yang lebih baik untuk melakukan pelepasan beban (Hidayat dan Irfan, 2004).

Pada dasarnya setiap generator memiliki spesifikasi tertentu berkaitan dengan rentang frekuensi kerja yang diijinkan beserta waktu operasi dari frekuensi tersebut. Penurunan frekuensi yang disebabkan oleh adanya beban lebih sangat membahayakan generator. Ketika laju penurunan frekuensi menurun tajam, hal buruk yang mungkin terjadi adalah pemadaman total. Apabila penurunan frekuensi tidak terlalu tajam, dapat segera dilakukan pelepasan beban (ANSI/IEEE Std. C.37.117-2007).

#### **2.4.2 Persamaan Ayunan (*Swing Equation*)**

Untuk melakukan analisis kestabilan suatu sistem tenaga listrik, maka hal pertama yang harus dilakukan adalah membangun model matematika yang dapat menggambarkan dinamika sistem tenaga listrik saat ada gangguan besar. Model matematika yang dipakai untuk pembangkit listrik adalah persamaan ayunan (*swing equation*) Persamaan ayunan adalah persamaan yang mengatur gerakan rotor suatu mesin serempak didasarkan pada prinsip dalam dinamika yang menyatakan :

”Momen putar percepatan (*accelarating torque*) adalah hasil kali momen kelembaban (*moment of inertia*) rotor dan percepatan sudutnya”  
Untuk generator serempak, persamaan ayunan ditulis8) :

$$J \frac{d^2 \theta}{dt^2} = T_m - T_e$$

J = Momen inersia dari massa rotor (kg-m<sup>2</sup>)

$\theta_m$  = Pergeseran sudut rotor terhadap sumbu yang stasioner (radianmekanis)

$t$  = Waktu (detik)

$T_m$  = Momen putar mekanis atau poros (penggerak) yang diberikan oleh penggerak mula dikurangi dengan momen putar perlambatan (retarding) yang disebabkan oleh rugi-rugi perputaran (N-m)

$T_e$  = Momen putar elektrik (N-m)

#### **2.4.3 Pelepasan Beban Akibat Penurunan Frekuensi**

Pelepasan beban akibat penurunan frekuensi pun diklasifikasikan menjadi dua macam berdasarkan laju penurunannya yaitu :

##### **a. Pelepasan beban manual**

Pelepasan beban manual dilakukan apabila laju penurunan frekuensi sangat rendah. Sehingga untuk memperbaiki frekuensi tidak membutuhkan waktu cepat karena sistem dirasa aman untuk jangka waktu yang cukup lama. Pelepasan beban secara manual ini akan membutuhkan beberapa operator yang cukup banyak. Waktu yang dibutuhkan pun cukup lama bila dibandingkan dengan pelepasan beban otomatis (Hidayat dan Irfan. 2004).

##### **b. Pelepasan beban otomatis**

Pelepasan beban otomatis dilakukan ketika laju penurunan frekuensi cukup tinggi. Dengan adanya pelepasan beban otomatis maka sistem secara keseluruhan dapat diselamatkan dengan cepat tanpa harus menunggu operator bekerja. Pelepasan beban otomatis biasanya didukung dengan beberapa komponen seperti penggunaan *Under Frequency Relay* (Hidayat dan Irfan. 2004)

Pelepasan beban yang dilakukan akibat penurunan frekuensi yang merupakan efek beban lebih penting dilakukan. Selain untuk menghindari terjadinya pemadaman total, pelepasan beban dapat mencegah :

a. Penuaan yang semakin cepat dari komponen mekanik generator  
Penurunan frekuensi yang cukup parah bisa menimbulkan getaran (*vibration*) pada unit turbin. Hal ini mampu memperpendek usia pakai peralatan.

b. Pertimbangan pemanasan

Berkurangnya frekuensi menyebabkan berkurangnya kecepatan motor pendingin generator, berakibat berkurangnya sirkulasi udara yang dapat menyebabkan pemanasan pada generator.

c. Terjadinya eksitasi lebih

Ketika terjadi penurunan frekuensi arus eksitasi generator semakin meningkat hal ini memicu terjadinya eksitasi lebih. Eksitasi lebih ditandai dengan fluks berlebih yang dapat menyebabkan munculnya arus pusar, yang dapat menyebabkan pemanasan pada inti generator (Azmi, 2008).

#### **2.4.4 Syarat Pelepasan Beban**

Sebelum dilakukan suatu pelepasan beban yang bertujuan untuk pemulihan frekuensi, hendaknya pelepasan beban ini memenuhi kriteria antara lain :

a. Pelepasan beban dilakukan secara bertahap dengan tujuan apabila pada pelepasan tahap pertama frekuensi belum juga pulih masih dapat dilakukan pelepasan beban tahap berikutnya untuk memperbaiki frekuensi.

b. Jumlah beban yang dilepaskan hendaknya seminimal mungkin sesuai dengan kebutuhan sistem tenaga listrik dalam memperbaiki frekuensi.

c. Beban yang dilepaskan adalah beban yang memiliki prioritas paling rendah dibandingkan beban lain dalam suatu sistem tenaga listrik. Oleh sebab itu seluruh beban terlebih dahulu diklasifikasikan menurut kriteria-kriteria tertentu.

d. Pelepasan beban harus dilakukan tepat guna. Oleh karenanya harus ditentukan waktu tunda rele untuk mendeteksi apakah penurunan frekuensi generator akibat beban lebih atau pengaruh lain seperti masuknya beban yang sangat besar ke dalam sistem secara tiba-tiba.

Keempat kriteria tersebut harus terpenuhi, dengan begitu pelepasan beban aman untuk dilakukan.

## 2.5 Penurunan Frekuensi Akibat Beban Lebih

Suatu generator akan berputar dengan frekuensi yang semakin menurun apabila kopel penggerak mekanik generator besarnya kurang dari torsi beban. Ketika terjadi pembangkit dalam suatu interkoneksi lepas dari sistem, secara otomatis beban yang ditanggung pembangkit yang lepas akan menjadi tanggungan generator yang masih bekerja dalam sistem. Dengan demikian torsi beban generator yang masih mampu bekerja akan bertambah. Peningkatan torsi beban pada generator ini akan diimbangi dengan peningkatan kopel mekanik penggerak generator dengan melakukan pengaturan pada *governor* untuk mempertahankan frekuensi kerja sistem tetap konstan. Namun, ada saat ketika *governor* telah dibuka secara maksimal untuk mengalirkan sumber energi penggerak turbin, kopel penggerak mekanik generator besarnya masih kurang dari torsi beban. Hal inilah yang menjadikan frekuensi generator menjadi turun. Untuk mengatasi hal tersebut tentu diperlukan suatu pengurangan torsi beban dengan beberapa cara diantaranya pelepasan beban.

### 2.5.1 Laju penurunan Frekuensi

Penurunan frekuensi suatu generator dapat disebabkan oleh lepasnya salah satu pembangkit yang berkapasitas besar dari sistem tenaga listrik maupun gangguan hubung singkat. Terjadinya gangguan hubung singkat mengakibatkan penurunan frekuensi dalam waktu singkat, setelah itu frekuensi dapat pulih dengan sendirinya dengan bantuan *governor*. Sedangkan penurunan frekuensi akibat beban lebih yang sangat besar diperlukan suatu pelepasan beban untuk memulihkan frekuensi.

Menurut (Gunadin, 2009). Besarnya laju penurunan frekuensi sangat berpengaruh terhadap beberapa hal, antara lain :

#### a. Jenis pelepasan beban yang dilakukan

Ketika tingkat laju penurunan frekuensi yang terjadi rendah maka pelepasan beban dilakukan secara manual oleh operator. Namun bila laju penurunan frekuensi tinggi maka diperlukan pelepasan beban secara otomatis.

#### b. Waktu tunda rele

Laju penurunan frekuensi mempengaruhi pengaturan waktu tunda rele. Untuk laju penurunan frekuensi yang tinggi tentu diatur agar waktu

tunda rele sesingkat mungkin. Semakin lama waktu tunda rele tentu penurunan frekuensi yang terjadi semakin besar.

c. Jumlah beban yang dilepas

Penurunan frekuensi yang besar harus diimbangi dengan pelepasan beban yang besar, hal ini bertujuan agar mempercepat pemulihan frekuensi, sedangkan ketika laju penurunan frekuensi rendah dimungkinkan untuk melakukan pelepasan beban dalam jumlah besar namun bertahap. Hal ini bertujuan untuk meminimalisasi jumlah beban yang diperlukan.

## **2.6 Pengaturan *Under Frekuensi Relay***

Pada pelepasan beban yang diakibatkan penurunan frekuensi dibutuhkan suatu *Under Frequency Relay* yang dapat mendeteksi ketidaknormalan tersebut. Sinyal ketidaknormalan tersebut selanjutnya dikirim ke pemutus tenaga yang terpasang di beban yang ingin dilepaskan. Agar memberikan hasil yang maksimal perlu dilakukan beberapa pengaturan *Under Frequency Relay* Beberapa parameter yang harus diatur terlebih dahulu adalah :

- a. Frekuensi kerja rele
- b. Waktu operasi rele
- c. Koordinasi dengan pemutus tenaga

Apabila terjadi pelepasan beban diharapkan tidak terjadi kelebihan beban yang dilepaskan karena hal ini mengakibatkan kerugian bagi pembangkit maupun pengguna. Oleh sebab itu diperlukan tahapan pelepasan beban untuk menghindari hal tersebut. Tahapan tersebut diatur dalam *Under Frequency Relay*.

Standar yang digunakan untuk pelepasan beban ini ada dua yaitu :

a) Load shedding 3 langkah (ANSI/IEEE C37 106-1987)

Step	Frequency trip point (Hz)	Percent of load shedding	Fixed time delay
1	59.3	10	6
2	58.9	15	6
3	58.5	as required to arrest decline before 58.2	

b) Load shedding 6 langkah (ANSI/IEEE C37 106 -1987)

step	Frequency trip point (Hz)	Percent of load shedding	Fixed Time delay
1	10	10	6
2	10	10	6
3	5	5	6
4	5	5	14
6	5	5	21

Dalam menanggapi sinyal *under frequency*. Rele membutuhkan waktu tunda untuk memastikan apakah penurunan tersebut disebabkan oleh beban lebih atau yang lain. Setelah dipastikan bahwa penurunan disebabkan oleh beban lebih, rele juga membutuhkan waktu untuk beroperasi. Pada umumnya, masing-masing rele frekuensi memiliki karakteristik waktu operasi tertentu yang dipengaruhi laju penurunan frekuensi. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang optimal, pengaturan waktu tunda dapat disesuaikan dengan karakteristik *relay*.

Rele frekuensi berfungsi untuk memberikan sinyal kepada pemutus tenaga untuk membuka. Ketika pemutus tenaga bekerja maka beban yang terhubung dengannya lepas dari sistem. Oleh karena pemilihan beban yang akan dilepaskan berdasarkan prioritas nilai ekonomi dan keandalan sistem.

## **2.7 Perkiraan Tahapan Frekuensi Acuan**

Frekuensi kerja optimal suatu generator telah ditetapkan oleh beberapa standar. Rentang frekuensi tersebut dibuat untuk menghindari terjadinya gangguan kerja pada akibat *under frequency* atau *over frequency*. Ketika frekuensi berada pada rentang tersebut, generator mampu bekerja secara continue, tetapi ketika terjadi gangguan sehingga frekuensi melampaui atau kurang dari frekuensi yang seharusnya dari kerja generator menjadi terbatas untuk menghindari terjadinya kerusakan. Diharapkan selama durasi waktu yang diijinkan tersebut frekuensi generator dapat pulih dengan pengaturan torsi mekanik yang dilakukan oleh *governor*. Jika selama waktu yang diijinkan frekuensi kerja generaor belum pulih atau bahkan semakin turun dibutuhkan suatu acuan frekuensi minimal untuk mengoperasikan rele frekuensi agar melakukan pelepasan beban sesaat kemudian (ANSI/IEEE C37.106-1987 dan ANSI/IEEE C37.106-2003).

### **2.7.1 Penentuan Frekuensi Acuan Tahap Pertama**

Mulai bekerjanya suatu *Under Frequency Relay* adalah ketika frekuensi generator memasuki wilayah tidak normal. Untuk mendapatkan keandalan yang tinggi dari sistem tersebut maka harus dipilih tingkat frekuensi tertinggi untuk rele bekerja. Nilai frekuensi tersebut tidak boleh terlalu jauh dengan batas bawah frekuensi nominal.

Pemilihan tingkat frekuensi pertama kali bekerja mutlak ditentukan oleh pengguna. Tentu saja pemilihan frekuensi tertinggi ini melalui pertimbangan-pertimbangan khusus seperti keamanan sistem yang

diberikan, kapasitas generator serta kemampuan sistem untuk bertahan pada frekuensi tersebut.

Berikut beberapa nilai frekuensi tertinggi untuk acuan bagi rele trip yang dipilih oleh beberapa perusahaan sesuai standar ANSI/IEEE C37.106-1987 dan ANSI/IEEE C37.106-2003.

**Tabel 2.1** Rentang Tingkat Frekuensi Tertinggi Untuk Bekerja

Frekuensi (Hz)	Jumlah perusahaan Menurut Kapasitas Generator (MW)			
	0-1000	1001-3000	3001-4000	Total
59.6 - 60	2	2	0	4
59.1 - 59.5	28	13	9	50
58.6 - 59.0	9	11	4	24
58.1 - 58.5	5	2	0	7
57.0 - 58.0	1	0	0	2

Dari tabel diatas terlihat bahwa frekuensi tertinggi untuk rele bekerja berada rentang 59.1 – 59.5 Hz. Rentang frekuensi ini berada 0.5 – 0.9 Hz dibawah frekuensi nominal 60 Hz. Rata-rata perusahaan yang paling banyak digunakan sebagai frekuensi tertinggi rele bekerja adalah 59.4 Hz. Nilai ini dirasa tidak terlalu rendah maupun tinggi sebagai acuan tahap pertama.

### **2.7.2 Penentuan Frekuensi Acuan Tahap Kedua dan Seterusnya**

Setelah frekuensi tertinggi untuk rele bekerja ditentukan, ketika terjadi beban lebih pada sistem dan frekuensi turun maka trip akan terjadi untuk memulihkan frekuensi. Ada saat dimana beban yang dilepaskan belum cukup untuk memulihkan frekuensi sehingga frekuensi masih terus turun. Maka diperlukan tahapan yang lebih rendah dari acuan tahap pertama.

Penentuan frekuensi acuan tahap kedua dan seterusnya bergantung pada besarnya perkiraan laju penurunan frekuensi dan waktu operasi rele tahap sebelumnya.

Waktu bekerjanya dipengaruhi tiga faktor yaitu :

a. Waktu pick-up



Merupakan waktu yang dibutuhkan rele untuk memulai bekerja setelah terjadi penurunan frekuensi.

Misalnya : frekuensi nominal 60 Hz, frekuensi rele trip yang pertama adalah 59 Hz sehingga waktu pick-up adalah waktu yang dihitung sesaat sebelum frekuensi turun yaitu ketika 60 Hz hingga frekuensi memasuki tahap trip yang pertama.

#### b. Waktu rele

Merupakan waktu yang dibutuhkan rele untuk menghantarkan sinyal ke pemutus tenaga dan dihitung sejak terdeteksinya sinyal frekuensi trip hingga sinyal tersebut sampai dipemutus tenaga.

#### c. Waktu pemutus tenaga

Merupakan waktu yang dibutuhkan pemutus tenaga untuk menerima sinyal dari rele hingga pemutus tenaga terbuka dan beban yang dihubungkan ke jaringan oleh pemutus tenaga lepas.

### 2.7.3 Pengaturan Frekuensi Minimum

Pengaturan frekuensi yang dilakukan *Under Frequency Relay* juga harus memperhatikan kestabilan sistem. Oleh sebab itu, frekuensi acuan rele untuk trip paling rendah perlu dipertimbangkan dalam pemilihannya sehingga tidak menyebabkan ketidakstabilan sistem yang pada akhirnya dapat merusak kerja generator.

Pengaturan tahap akhir pengaturan tingkat frekuensi trip dari suatu rele disesuaikan dengan keinginan pengguna dengan mempertimbangkan keamanan sistem. Dari hasil survei didapatkan rentang frekuensi :

**Table 2.2** Rentang Pengaturan Frekuensi Terendah Rele Bekerja

Frekuensi (Hz)	Jumlah perusahaan Menurut Kapasitas Generator (MW)			
	0-1000	1001-3000	3001-4000	Total
58 – 59	26	11	8	45
57 – 58	10	11	1	22
56 – 57	4	3	2	9
55 - 56	2	2	2	6

Dari tabel diatas didapatkan rentang frekuensi terendah yang diatur pada rele paling banyak digunakan adalah rentang frekuensi 58 – 59 Hz.

Dengan melihat data tersebut, bahwa beberapa perusahaan yang menggunakan sangat memperhatikan tingkat kestabilan sistem. Pemilihan ini mangacu standar frekuensi ANSI/IEEE C37.106-1987 dan ANSI/IEEE C37.106-2003.

## **2.8 Jenis Beban yang dilepaskan**

Ketika terjadi penurunan frekuensi akibat beban lebih untuk mengatasi hal tersebut adalah pelepasan beban. Pelepasan ini diharapkan memperbaiki frekuensi secara cepat tanpa harus banyak merugikan pengguna. Oleh sebab itu beban-beban yang disuplai generator sebaiknya diurutkan menurut parameter-parameter sebagai berikut :

a. Sensitif terhadap kegiatan perekonomian

b. Tingkat kesulitan pengasutan

c. Daya yang dibutuhkan

Beberapa pertimbangan yang harus dilepaskan salah satunya apakah beban tersebut sensitif terhadap kegiatan perekonomian. Misalnya disuatu perusahaan minyak dan gas beban yang tidak sensitif terhadap kegiatan usaha adalah rumah tinggal atau penginapan. Sedangkan beban yang sangat sensitif terhadap kegiatan perekonomian antara lain motor-motor listrik untuk eksplorasi.

## **2.9 ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*)**

### **2.9.1 Gambaran Umum**

*ETAP (Electric Transient Analyzer Program)* merupakan suatu *software* (perangkat lunak) yang digunakan untuk menganalisis suatu sistem tenaga listrik. Perangkat ini dapat bekerja dalam keadaan *offline* yaitu untuk simulasi tenaga listrik, dan juga dalam keadaan online untuk pengelolaan data real time.

Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan dengan menggunakan *ETAP (Electric Transient Analyzer Program)* antara lain :

1. Analisa Aliran Daya (*Load Flow Analysis*)

2. Analisa Hubung Singkat (*Short Circuit Analysis*)

3. *Motor Starting*

4. *Arc Flash Analysis*

5. *Harmonics Power System*

6. Analisa Kestabilan Transien (*Transient Stability Analysis*)

7. *Protective Device Coordination*

Metode Analisa Kestabilan Transien menggunakan *ETAP 12.6*, dimana proses pertama dimulai hingga selesai program.

a. Membuat *single line diagram* sistem yang akan dibahas, dalam Tugas Akhir ini adalah sistem tenaga listrik *PETROKIMIA GRESIK* . Data generator, transformator, beban, kabel, pengaman, bus, dapat dimasukan ke dalam program setelah *single line diagram* dibuat.

b. Menentukan gangguan pada simulasi *ETAP 12.6* yaitu *Incoming Generator GTG ,BTG , TG65 dan TG66* tanpa ada pelepasan beban serta memasukan data studi gangguan.

c. Jalankan simulasi program *ETAP 12.6* dengan memilih *icon Run Transient Stability* pada *toolbar*.

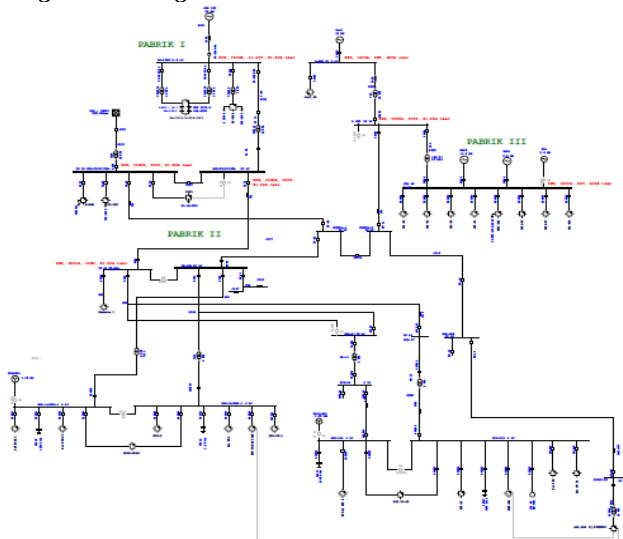
d. Menampilkan hasil program simulasi *ETAP 12.6*.

e. Mengulang simulasi program pada skenario gangguan yang lain dengan fitur *Transient stability*.

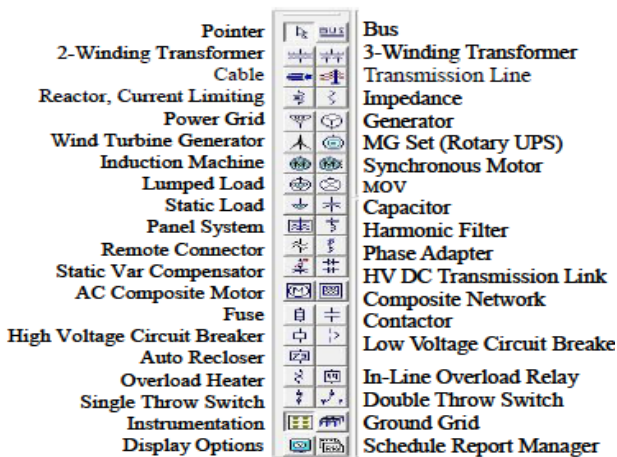
f. Menampilkan hasil program dengan mengklik tool bar *transient stability plot* disebelah kanan.

g. Menganalisa hasil simulasi program dan untuk melihatnya dengan mengklik tool bar disebelah kanan report manager.

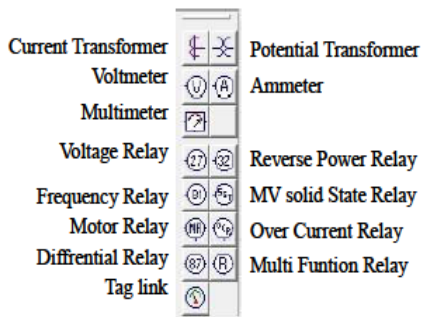
### 2.9.2 Single Line Diagram



*ETAP 12.6 (Electrical Transient Analyzer program)* menyediakan *user interface* grafis secara utuh untuk membuat *single line diagram* sendiri. Di *editor* ini kita dapat menambahkan, menghapus, memindahkan, dan menghubungkan elemen - elemen secara grafis, memperbesar memperkecil, memunculkan *grid* atau tidak, mengubah ukuran elemen, mengubah orientasi element, mengubah simbol - simbol, menyembunyikan atau menampilkan *device* protektif, menginputkan *property - property*, men-setting status operasi, dan lain-lain. *Single line diagram* merupakan titik awal menuju penganalisaan sistem tenaga. Kita dapat secara grafis membuat sistem elektrik dengan menghubungkan bus-bus, cabang-cabang, motor-motor, generator-generator, dan *device - device* protektif atau apa saja dari *Toolbar Edit Single-Line Diagram*. Kita dapat men-double klik pada elemen - elemen untuk membuka editor - editornya dan mengedit properti - properti kelistrikannya, yang termasuk rating - rating, seting - setting, beban, jenis hubungan, dan lain - lain.



**Gambar 2.2** Toolbar Edit single line



**Gambar 2.3** Toolbar Edit Relay

### 2.9.3 Library

Merupakan informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi ataupun analisa.

### 2.9.4 Standar yang Dipakai

Mengacu pada standar IEC dan ANSI, perbedaan antara standar IEC dan ANSI terletak pada standar frekuensi yang digunakan yang

mengakibatkan perbedaan spesifikasi peralatan yang digunakan. Jika pada standar IEC nilai frekuensi yang digunakan adalah 50 Hz, sedangkan pada standar ANSI nilai frekuensi yang digunakan adalah 60 HZ.

*ETAP 12.6 (Electrical transient Analyzer program)* dapat digunakan untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar *single line* diagram / diagram satu garis. Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama :

### 1. Virtual Reality Operasi

Sistem operasional yang ada pada program sangat mirip dengan sistem operasi pada kondisi realnya. Misalnya, ketika membuka atau menutup sebuah *circuit breaker*, menempatkan suatu elemen pada sistem, mengubah status operasi suatu motor, dan untuk kondisi *de-energized* pada suatu elemen dan sub-elemen sistem ditunjukkan pada gambar *single line diagram* dengan warna abu-abu.

### 2. Total Integration Data

*ETAP 12.6 (Electrical transient Analyzer program)* menggabungkan informasi sistem elektrik, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen yang dimasukkan dalam sistem data base yang sama. Misalnya, untuk elemen sebuah kabel, tidak hanya berisikan data kelistrikan dan tentang dimensi fisiknya, tapi juga memberikan informasi melalui *raceways* yang di lewati oleh kabel tersebut. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk dalam menganalisa aliran beban (*load flow analysis*) dan analisa hubungan singkat (*short-circuit analysis*) yang membutuhkan parameter listrik dan parameter koneksi serta perhitungan *ampacity derating* suatu kabel yang memerlukan data fisik routing.

### 3. Simplicity in Data Entry

*ETAP 12.6 (Electrical transient Analyzer program)* memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses entri data suatu elemen. Data - data yang ada pada program ini telah di masukkan sesuai dengan data-data yang ada di lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain.

### **BAB III**

#### **SISTEM KELISTRIKAN PT.PETROKIMIA Gresik**

##### **3.1 Sistem Pembangkitan Tenaga Listrik PT.PETROKIMIA Gresik**

Dengan melihat gambar single line diagram pada lembar lampiran , Petrokimia Gresik mengoperasikan Gas Turbine Generator (GTG Plant-I) 1x33 MW, Steam Turbine Generator (STG Plant-III) 1x11.5 MW dan 1x8.5 MW serta Daya dari PLN dengan kontrak 20 MVA. Pada tahun 2010 Petrokimia akan meningkatkan keandalan dengan menambahkan satu unit pembangkit Steam Turbine Generator (STG KEBB Plant) sebesar 1x32 MW. Untuk meningkatkan keandalan dan spinning reserve, Unit-unit pembangkit tersebut akan diintegrasikan langsung ke sistem tegangan 20 KV. Dengan adanya integrasi tersebut akan mengakibatkan perubahan level short circuit pada sistem semula. Ini akan mengakibatkan perubahan setting pengamanan pada sistem eksisting. Demikian pula halnya dengan transient stability-nya juga akan mengalami perubahan. Mengingat cepatnya perkembangan dan perubahan sistem kelistrikan di Petrokimia maka diperlukan suatu pemodelan sistem yang dapat digunakan untuk menganalisa. Analisa ini mempunyai tujuan melihat kinerja sistem secara keseluruhan akibat adanya perubahan konfigurasi, manuver maupun pengembangan jaringan.

**Tabel 3.1.Data Pembangkit di PT PETROKIMIA Gresik**

No	ID	Tipe	MW	KV	PF (%)	Kecepatan sinkron
1	GTG 100	GTG	33	11,5	80	1500
2	BTG100	STG	32	6	80	3000
3	TG 65	STG	11,5	6	80	1500
4	TG 66	STG	8,5	6	80	1500

### 3.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik PT . PETROKIMIA Gresik

Sistem jaringan distribusi tenaga listrik yang digunakan di PT.PETROKIMIA , Gresik adalah sistem jaringan radial . sistem ini terdiri dari sepasang sumber yang masuk atau sepasang trafo atau sepasang *feeder* dari substation lain yang memiliki tipe dan kapasitas yang sama serta terhubung dengan dua *substation* yang identik juga , dimana dua substation yang identik yang terhubung satu sama dengan yang lainnya . sistem ini sangat baik dalam pelayanan terhadap beban yang membutuhkan kontinuitas yang tinggi sebab apabila salah satu sumber mengalami gangguan , maka supply daya dapat dilayani dari sumber yang lain dengan menghubungkan bus dengan ID HVS02A . oleh karena itu dipakai pada *substation* untuk melayani kebutuhan listrik di semua pabrik I , pabrik II dan pabrik III

Keuntungan dan kelebihan dari sistem distribusi ini adalah :

- Meningkatkan kehandalan *supply* daya , yaitu apabila salah satu incoming feeder mengalami gangguan maka supply daya akan ditransfer ke feeder lain
- Memudahkan pekerjaan pemeliharaan terjadwal dari peralatan utama sistem distribusi tanpa memadamkan beban atau memberhentikan operasi pada pabrik.

Beban yang ditanggung oleh sistem ini tidak mendekati beban penuh dari kapasitas trafo yang ada , sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu trafo maka beban trafo yang mengalami gangguan tersebut dapat ditanggung oleh trafo yang lainnya.

Pada sistem PT.PETROKIMIA Gresik mempunyai trafo untuk menaikkan tegangan dari output generator 6 KV menjadi 20 KV atau 11,5 KV menjadi 20 KV tergantung pada jumlah beban motor yang beroperasi .

**Tabel 3.2.** Data Trafo Daya di PT.PETROKIMIA Gresik

No	TRAFO	Primer (KV)	Sekunder (KV)	DAYA (MVA)
1	1#LV Transf.	6	0.38	2.5
2	2#LV transf.	6	0.38	2.5
3	09TR-101	20	6	5
4	21-TR-01	6	0.38	2



**Tabel 3.2.** Data Trafo Daya di PT.PETROKIMIA Gresik  
(Lanjutan)

No	TRAFO	Primer KV	Sekunder KV	DAYA (MVA)
5	22TR01	6	0.38	2.5
6	22TR15	20	6	16
7	Barak	6	0.38	0.2
8	Bayer	6	0.38	0.7
9	buncop	6	0.38	0.25
10	Epp	6	0.38	0.5
11	IBT 01	20	6	20
12	KAYAKUU2	6	0.38	0.5
13	NGR XFMR	20	11	4
14	Rspg	6	0.38	0.2
15	T1	6	0.38	1.6
16	T2	20	0.38	0.8
17	T4	0.38	6	0.4
18	T6	6	0.38	1
19	T14	6	0.38	0.5
20	T17	6	0.38	0.5
21	T18	6	0.38	0.5
22	T21	6	0.38	2
23	T22	6	0.38	0.5
24	T36	6	20	35
25	T42	6	0.38	0.315
26	T76	20	6	2.5
27	T77	20	6	2
28	T91	20	6	2.5
29	T96	6	0.38	0.63
30	T97	6	0.38	1
31	T98	6	0.38	0.63
32	T99	6	0.38	2
33	T100	6	0.38	1
34	T101	6	0.38	1.6
35	T102	6	0.38	0.5
36	T103	6	0.38	0.4
37	T105	6	0.38	1

**Tabel 3.2** Data Trafo Daya di PT.PETROKIMIA Gresik  
(lanjutan)

No	TRAFO	Primer KV	Sekunder KV	DAYA (MVA)
38	T106	6	0.38	1.6
39	T107	6	0.38	0.315
40	T108	6	0.38	1
41	T109	6	0.38	0.63
42	T110	6	0.38	0.63
43	T111	6	0.38	1
44	T112	6	0.38	1.6
45	T124	6	0.38	2
46	T125	6	0.38	1.5
47	T126	6	0.38	1
48	T127	6	0.38	1
49	T128	6	0.38	0.63
50	T129	6	0.38	1
51	T130	6	0.38	2
52	T131	6	0.38	1.5
53	T132	6	0.38	0.15
54	T150	150	20	25
55	T420	0.38	6	0.8
56	T2102	6	0.38	1.6
57	T2281C	11.5	20	16
58	TR-01	6	0.38	2
59	TR-1-2	6	0.38	2.3
60	TR-02	6	0.38	2
61	TR-3	6	0.38	1
62	TR-5-2	6	0.38	1
63	TR8	6	0.38	1
64	TR-11	20	6	8
65	TR-LSU	6	0.38	1
66	TR12	20	6	8
67	TR-13	20	6	8
68	TR14	20	6	8
69	TR-25	6	0.38	0.63
70	TR41	6	0.38	1.6

**Tabel 3.2** Data Trafo Daya di PT.PETROKIMIA Gresik  
(Lanjutan)

No	TRAFO	Primer KV	Sekunder KV	DAYA (MVA)
71	TR51	6	0.38	1
72	TR52	6	0.38	0.315
73	TR-53	6	0.38	2.3
74	TR201	6	0.38	3
75	TR301	6	0.38	3
76	TR361	6	0.38	1.25
77	TR363	6	0.38	0.315
78	TR365	6	0.38	0.63
79	TR650	6	0.38	2
80	TR-1311	6	0.38	0.63
81	TR2101	6	0.38	1.6
82	TR2280	11.5	0.38	1
83	TR2281A	11.5	6	25
84	TR2281B	11.5	6	25
85	TR-2282A	6	0.38	1.6
86	TR-2282B	6	0.38	1.6
87	TR-2282C	6	0.38	1.6
88	TR-2282D	6	0.38	1.6
89	TR-2282E	6	0.38	2.5
90	TR5101	6	0.38	2
91	TR5102	6	0.38	2
92	Tridarma	6	0.38	0.8

Trafo distribusi yang ada di petrokimia umumnya memiliki hubungan *delta – wye* (D y 11) untuk distribusi *Motor control centre* (MCC) , *substation* dan beban yang lain .

saluran kabel distribusi yang terpasang di area pabrik kebanyakan saluran bawah tanah yang ditanam langsung untuk melindungi asam dan *solvent* juga melindungi terhadap korosi . untuk kabel yang ditanam melewati jalan umum , maka saluran kabel yang ditanam dalam tanah tersebut diberi pengaman dengan diselubungi pipa , untuk memperkecil kemungkinan gangguan getaran yang terjadi.

### 3.3 Beban Tenaga Listrik PT.PETROKIMIA Gresik

Beban tenaga listrik di PT.PETROKIMIA Gresik terdiri dari :

- Motor –motor listrik yang digunakan sebagai penggerak peralatan untuk operasi produksi pabrik .
- Beban untuk lampu penerangan dalam pabrik

Sebagian besar beban digunakan untuk beban industry yang sebagian besar beban digunakan untuk beban industry yang membutuhkan kontiunitas dan kehandalan yang tinggi . motor listrik yang digunakan sebagian besar motor induksi . Tegangan nominal motor ditentukan oleh besarnya kapasitas motor yang bersangkutan .

Berikut ini adalah beban-beban yang ditanggung di PT.PETROKIMIA Gresik :

**Tabel 3.3** Data Beban motor di PT.PETROKIMIA Gresik

No	ID	Tipe	Rating daya (KW)	PF (%)	$\eta$ (%)
1	MK-101	Motor induksi	185	92	93
2	MP-101	Motor induksi	1100	92	93
3	MC-202	Motor induksi	180	92	93
4	TRESTLE	Motor induksi	160	92	93
5	21MC301	Motor induksi	160	92	93
6	21MC302	Motor induksi	470	92	93
7	2#FWP-2	Motor induksi	1100	87	95
8	1#FWP-2	Motor induksi	1100	87	95
9	1#IDF-2	Motor induksi	200	86	95
10	2#IDF-2	Motor induksi	200	86	95
11	2#CWP-2	Motor induksi	315	86	95
12	1#CWP-2	Motor induksi	315	86	95
13	3#Coal Mill-1	Motor induksi	185	70	95
14	2#Coal Mill-1	Motor induksi	185	70	95
15	1#Coal Mill-1	Motor induksi	185	70	95
16	3#H.TEMP FAN-2	Motor induksi	280	86	95
17	2#H.TEMP FAN-2	Motor induksi	280	86	95
18	1#H.TEMP FAN-2	Motor induksi	280	86	95
19	1#FWP-1	Motor induksi	1100	87	95
20	2#FWP-1	Motor induksi	1100	87	95
21	1#FDF-1	Motor induksi	450	86	95
22	1#IDF-1	Motor induksi	200	86	95
23	2#IDF-1	Motor induksi	200	86	95
24	3#CWP-1	Motor induksi	315	86	95

**Tabel 3.3** Data Beban motor di PT.PETROKIMIA Gresik  
(Lanjutan)

No	ID	Tipe	Rating daya (KW)	PF (%)	$\eta$ (%)
25	1#Coal mill-2	Motor induksi	185	70	95
26	2#Coal mill-2	Motor induksi	185	70	95
27	3#Coal mill-2	Motor induksi	185	70	95
28	3#H.TEMP FAN-1	Motor induksi	280	86	95
29	2#H.TEMP FAN-1	Motor induksi	280	86	95
30	1#H.TEMP FAN-1	Motor induksi	280	86	95
31	M101-JLJ1M179	Motor induksi	267	92	93
32	M101-JLJ1M181	Motor induksi	345	92	93
33	M101-JLJ1M183	Motor induksi	150	92	93
34	M101-JLJ1M173	Motor induksi	440	92	93
35	M101-JLJ1M176	Motor induksi	150	92	93
36	M101-JLJ1M1823	Motor induksi	660	92	93
37	M101-JLJ1M1195	Motor induksi	265	92	93
38	M101-JLJ1M1196	Motor induksi	153	92	93
39	MP-2251A	Motor induksi	280	85	93
40	107-JCM	Motor induksi	1087	95	95
41	MP-2211F	Motor induksi	1350	85	96
42	MP-2211B	Motor induksi	1350	85	93
43	MP-2211A	Motor induksi	1350	85	93
44	MP-2211E	Motor induksi	1350	85	96
45	MP-2222A	Motor induksi	440	92	93
46	NMC-101	Motor induksi	1119	95	93
47	MP-2211C	Motor induksi	1350	95	93
48	MP-2211D	Motor induksi	1350	95	93
49	GB-302	Motor induksi	280	95	93
50	M101-JLJ1M825	Motor induksi	25	92	93
51	M101-JLJ1M827	Motor induksi	30	92	93
52	M101-JLJ1M829	Motor induksi	30	92	93
53	M101-JLJ1M831	Motor induksi	215	92	93
54	MC-11A	Motor induksi	7.5	86	85
55	MC-11B	Motor induksi	7.5	86	85
56	M101-JLJ1M48	Motor induksi	37	90	91
57	M101-JLJ1M51	Motor induksi	37	90	91
58	M101-JLJ1M52	Motor induksi	30	90	91

**Tabel 3.3** Data Beban motor di PT.PETROKIMIA Gresik  
(Lanjutan)

No	ID	Tipe	Rating daya (KW)	PF (%)	$\eta$ (%)
59	M101-JLJ1M57	Motor induksi	1.5	83	80
60	M101-JLJ1M59	Motor induksi	2.9	84	82
61	M101-JLJ1M60	Motor induksi	2.9	84	82
62	M101-JLJ1M62	Motor induksi	7.68	87	85
63	M101-JLJ1M63	Motor induksi	3.95	85	83
64	M101-JLJ1M64	Motor induksi	3.95	85	83
65	M101-JLJ1M65	Motor induksi	5.8	86	84
66	M101-JLJ1M66	Motor induksi	75	92	93
67	M101-JLJ1M67	Motor induksi	75	92	93
68	M101-JLJ1M68	Motor induksi	56	92	93
69	M101-JLJ1M69	Motor induksi	56	92	93
70	M101-JLJ1M70	Motor induksi	0.25	78	83
71	M101-JLJ1M71	Motor induksi	0.25	78	83
72	M101-JLJ1M72	Motor induksi	0.25	78	83
73	M101-JLJ1M73	Motor induksi	0.25	78	83
74	M101-JLJ1M74	Motor induksi	0.25	78	83
75	M101-JLJ1M75	Motor induksi	0.25	78	83
76	M101-JLJ1M76	Motor induksi	1.5	83	80
77	M101-JLJ1M77	Motor induksi	1.5	83	80
78	M101-JLJ1M78	Motor induksi	1.5	83	80
79	M101-JLJ1M79	Motor induksi	2.24	84	81
80	M101-JLJ1M80	Motor induksi	1.5	83	80
81	M101-JLJ1M81	Motor induksi	1.5	83	80
82	M101-JLJ1M82	Motor induksi	0.4	80	75
83	M101-JLJ1M83	Motor induksi	0.4	80	75
84	M101-JLJ1M84	Motor induksi	56	91	92
85	M101-JLJ1M85	Motor induksi	2.24	84	81
86	M101-JLJ1M86	Motor induksi	2.24	84	81
87	M101-JLJ1M198	Motor induksi	9.7	87	86
88	M101-JLJ1M200	Motor induksi	37	90	91
89	M101-JLJ1M32	Motor induksi	37	85	83
90	M101-JLJ1M35	Motor induksi	0.25	78	83
91	M101-JLJ1M36	Motor induksi	0.25	78	83
92	M101-JLJ1M38	Motor induksi	2.5	84	81
93	M101-JLJ1M39	Motor induksi	4.5	85	83

**Tabel 3.3** Data Beban motor di PT.PETROKIMIA Gresik  
(Lanjutan)

No	ID	Tipe	Rating daya (KW)	PF (%)	$\eta$ (%)
94	M101-JLJ1M41	Motor induksi	5.54	86	84
95	M101-JLJ1M42	Motor induksi	4.25	85	83
96	M101-JLJ1M43	Motor induksi	1	82	78
97	M101-JLJ1M44	Motor induksi	18.6	89	88
98	M101-JLJ1M45	Motor induksi	30	89	90
99	M101-JLJ1M46	Motor induksi	0.25	78	73
100	M101-JLJ1M47	Motor induksi	2.24	78	73
101	M101-JLJ1M209	Motor induksi	75	94	86
102	M101-JLJ1M211	Motor induksi	2.2	83	80
103	M101-JLJ1M212	Motor induksi	22	89	89
104	M101-JLJ1M213	Motor induksi	15	89	89
105	M101-JLJ1M214	Motor induksi	55	91	92
106	M101-JLJ1M215	Motor induksi	22	89	89
107	M101-JLJ1M216	Motor induksi	75	94	86
108	M101-JLJ1M218	Motor induksi	90	91	92
109	M101-JLJ1M219	Motor induksi	3.7	83	80
110	M101-JLJ1M220	Motor induksi	11	90	91
111	M101-JLJ1M221	Motor induksi	30	90	91
112	M101-JLJ1M222	Motor induksi	37	90	92
113	M101-JLJ1M223	Motor induksi	3.7	90	91
114	M101-JLJ1M224	Motor induksi	45	90	91
115	M101-JLJ1M225	Motor induksi	75	90	91
116	M101-JLJ1M365	Motor induksi	30	90	91
117	M101-JLJ1M366	Motor induksi	45	90	91
118	M101-JLJ1M367	Motor induksi	45	90	91
119	M101-JLJ1M368	Motor induksi	3.7	90	91
120	M101-JLJ1M1	Motor induksi	75	90	92
121	M101-JLJ1M4	Motor induksi	22	90	92
122	M101-JLJ1M5	Motor induksi	15	90	92
123	M101-JLJ1M11	Motor induksi	55	90	92
124	M101-JLJ1M12	Motor induksi	22	90	92
125	M101-JLJ1M13	Motor induksi	75	90	92
126	M101-JLJ1M15	Motor induksi	90	90	92
127	M101-JLJ1M16	Motor induksi	3.7	90	92
128	M101-JLJ1M17	Motor induksi	11	90	92

**Tabel 3.3** Data Beban motor di PT.PETROKIMIA Gresik  
(Lanjutan)

No	ID	Tipe	Rating daya (KW)	PF (%)	$\eta$ (%)
129	M101-JLJ1M18	Motor induksi	30	90	92
130	M101-JLJ1M19	Motor induksi	37	90	92
131	M101-JLJ1M20	Motor induksi	3.7	90	92
132	M101-JLJ1M21	Motor induksi	45	90	92
133	M101-JLJ1M22	Motor induksi	75	90	92
134	M101-JLJ1M23	Motor induksi	30	90	92
135	M101-JLJ1M24	Motor induksi	45	90	92
136	M101-JLJ1M25	Motor induksi	45	90	92
137	M101-JLJ1M369	Motor induksi	5.5	88	84
138	M101-JLJ1M372	Motor induksi	56	90	91
139	M101-JLJ1M373	Motor induksi	55	90	91
140	M101-JLJ1M374	Motor induksi	14.9	90	91
141	M101-JLJ1M375	Motor induksi	75	90	91
142	M101-JLJ1M376	Motor induksi	37	90	91
143	M101-JLJ1M377	Motor induksi	3.7	84	82
144	M101-JLJ1M436	Motor induksi	18.9	90	91
145	M101-JLJ1M437	Motor induksi	18.6	89	88
146	M101-JLJ1M438	Motor induksi	30	89	90
147	M101-JLJ1M439	Motor induksi	0.25	78	73
148	M101-JLJ1M440	Motor induksi	0.56	80	75
149	M101-JLJ1M441	Motor induksi	0.25	78	73
150	M101-JLJ1M640	Motor induksi	1.19	82	78
151	M101-JLJ1M641	Motor induksi	1.19	82	78
152	M101-JLJ1M642	Motor induksi	1.19	82	78
153	M101-JLJ1M643	Motor induksi	1.19	82	78
154	M101-JLJ1M644	Motor induksi	40	90	91
155	M101-JLJ1M645	Motor induksi	2.5	83	81



**Tabel 3.4** Data Beban Lump di PT.PETROKIMIA Gresik

No	ID	Rating daya (KW)	Beban motor(%)	Beban static(%)	PF (%)
1	Lump CWP MCC	647	70	30	85
2	Lump pump house	320	80	20	85
3	Lump Substation 1	173	70	30	85
4	Lump substation1	2056	80	20	85
5	Lump1	18	80	20	80
6	Lump10	0.255	80	20	85
7	Lump12	0.45	80	20	90
8	Lump13	0.127	80	20	85
9	Lump17	0.34	80	20	85
10	Lump19	0.127	80	20	85
11	Lump2	0.425	80	20	85
12	Lump4	14.201	80	20	85
13	Lump7	0.85	80	20	85
14	PTRSIDA	0.255	80	20	85
15	01-LVS.01-500	0.425	80	20	85
16	01-LVS.02-500	0.127	61	39	85
17	01-LVS.03-500	0.255	61	39	85
18	02LVS-02	0.34	80	20	85
19	02LVS3	0.17	80	20	85
20	02-LVS-03	0.17	59	41	85
21	09L-201	0.68	80	20	85
22	09L-301	0.68	80	20	85
23	12-LVS-300	0.595	80	20	85
24	21 LSS 300-01	0.67	80	20	85
25	22 LVS 300	0.9	80	20	85
26	25 LVS-801	0.63	80	20	90
27	BARAK	0.085	80	20	85
28	BAYER	0.34	80	20	85
29	BUNCOB	0.085	80	20	85
30	ESU	0.085	80	20	85
31	EPP	0.085	80	20	85
32	Gd.Adm	0.45	50	50	90

**Tabel 3.4** Data Beban Lump di PT.PETROKIMIA Gresik  
(Lanjutan)

No	ID	Rating daya (KW)	Beban motor(%)	Beban static(%)	PF (%)
33	GRH,Tebu,Jag	0.127	61	39	85
34	K2S04	0.17	80	20	85
35	Kant-pump	0.45	50	50	90
36	Kantor I	0.085	26	74	85
37	Kantor II	0.085	30	70	85
38	Kayak-2	0.085	80	20	85
39	KC-1	0.255	80	20	85
40	KC-2	0.255	80	20	85
41	LfixGrabe	170	90	10	85
42	L-GI150	0.255	80	20	85
43	L380PC-0A	0.255	80	20	85
44	L380PC-0B	0.255	80	20	85
45	Pwr control	0.135	80	20	90
46	Ring sel	0.213	61	39	85
47	Ring Tim	0.213	61	39	85
48	Ring utr	0.213	61	39	85
49	L420	170	90	10	85
50	LSSI-SA	0.255	80	20	85
51	LSS61 UT	0.255	80	20	85
52	LSU	0.45	50	50	90
53	LTP 71	0.255	80	20	85
54	LTP72	0.255	80	20	85
55	LTP73	0.255	80	20	85
56	LTP74	0.255	80	20	85
57	LV NPK GRAN	0.425	80	20	85
58	LVS-04	0.34	80	20	85
59	MCC-04	0.34	80	20	85
60	MCC-2101	0.34	80	20	85
61	MCC-2117	0.34	80	20	85
62	MCC2133	0.34	80	20	85
63	MCC2149	0.34	80	20	85
64	MCC5101	0.81	80	20	90

**Tabel 3.4** Data Beban Lump di PT.PETROKIMIA Gresik  
(Lanjutan)

No	ID	Rating daya (KW)	Beban motor(%)	Beban static(%)	PF (%)
65	MCC5102	0.81	80	20	90
66	NPKGRN3	0.85	80	20	85
67	NPKGRN4	0.85	80	20	85
68	PRODI II	0.085	25	75	85
69	RSPG	0.085	80	20	85
70	SHIP LOAD	0.17	80	20	85
71	SSALF-3	0.085	80	20	85
72	TRIDARMA	0.255	80	20	85
73	Workshop	0.085	36	64	85

**Tabel 3.5** Data Beban Statis di PT.PETROKIMIA Gresik

No	ID	Rating daya (KW)	PF (%)
1	EH-2280	225	100
2	13-AUXGTG	325	100
3	Load1	0.048	80
4	Load 2	0.032	80
5	Load5	0.008	80
6	Load6	0.016	80
7	Load7	0.032	80
8	Load8	0.024	80
9	Load9	0.024	80
10	Load13	0.127	85
11	Load14	0.04	80
12	Load15	0.004	80
13	Load16	0.616	80
14	Load17	0.016	80
15	Load18	0.003	80
16	Load20	16	80
17	Load21	1.6	80
18	Load22	2.4	80
19	Load23	60	80
20	Load24	4	80
21	Load26	4	80

**Tabel 3.5** Data Beban Statis di PT.PETROKIMIA Gresik  
(Lanjutan)

No	ID	Rating daya (KW)	PF (%)
22	Load26	4	80
23	Load27	4	80
24	Load28	16	80
25	Load29	116	80
26	Load37	4	80
27	Load175	125	100
28	Load203	0.048	80
29	Load204	0.032	80
30	Load207	0.008	80
31	Load208	0.016	80
32	Load209	0.032	80
33	Load210	0.024	80
34	Load211	0.024	80
35	Load213	0.008	80
36	Load214	0.016	80
37	Load215	0.032	80
38	Load216	0.024	80
39	Load217	0.024	80
40	Load218	0.024	80
41	Load219	0.014	80
42	Load220	0.024	80
43	Load221	0.024	80
44	PP-01	45	100
45	PP-04	120	100

### 3.4 Metode Laju Perubahan Frekuensi

Metode yang digunakan adalah Pelepasan beban otomatis yang dilakukan ketika laju penurunan frekuensi cukup tinggi. Dengan adanya pelepasan beban otomatis maka sistem secara keseluruhan dapat diselamatkan dengan cepat tanpa harus menunggu operator bekerja. Pelepasan beban otomatis biasanya didukung dengan beberapa komponen seperti penggunaan *Underfrequency Relay* atau Relay Frekuensi (*Rocof*).

Penurunan frekuensi suatu generator dapat disebabkan oleh lepasnya salah satu pembangkit yang berkapasitas besar dari sistem tenaga listrik maupun gangguan yang lain .

**Tabel 3.6** Spesifikasi data Relay Rocof atau relay frekuensi

Input	110,120,220,230,240,380,400,415V
Range	-50%,+50%
Frequency	40-70Hz
Time Delay	0.1s
Temperature Range	0-50 <sup>0</sup> C
Setting frequency load shedding	49Hz - 49.5Hz

**Tabel 3.7** Data setting Frekuensi Relay(Rocof) dan Hasil pengukuran beban Load Shedding di PT PETROKIMIA Gresik

#### Load Shedding tahap 1

Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas(KW)
1	49.5 Hz	MC1301	Motor induksi	4000
		MC1302	Motor induksi	1000
		MP1101	Motor induksi	275
		MP1302	Motor induksi	170
		LSSI-SH	Lump	0.255
		Total		5.4 MW

#### Load shedding tahap 2

Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas(KW)
2	49.25 Hz	MC-2101	Lump	0.34
		MCC-2117	Lump	0.34
		MCC-2149	Lump	0.34
		MCC-2133	Lump	0.34
		MC 2323	Motor induksi	300
		MC 2341	Motor induksi	160
		MM 2302A	Motor induksi	400
		MP 2601A	Motor induksi	150
		MP 2601C	Motor induksi	150
		MP 2602 A	Motor induksi	150
		MP 2602C	Motor induksi	150
		MQ 2204	Motor induksi	310
		MQ7131	Motor induksi	220
		Total		4 MW

### Load Shedding tahap 3

Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas (KW)
3	49.1 Hz	M101-JLJIMI95	Motor induksi	265
		M101-JLJIMI96	Motor induksi	153
		M101-JLJIMI98	Motor induksi	9.7
		M101-JLJIM200	Motor induksi	27
		M101-JLJIM202	Motor induksi	91
		M101-JLJIM769	Motor induksi	30
		M101-JLJIM744	Motor induksi	10
		M101-JLJIM743	Motor induksi	1.5
		M101-JLJIM745	Motor induksi	4.5
		M101-JLJIM764	Motor induksi	5.5
		M101-JLJIM765	Motor induksi	5.5
		M101-JLJIM767	Motor induksi	37
		M101-JLJIM766	Motor induksi	37
		M101-JLJIM768	Motor induksi	18.5
		03 MC 101	Motor induksi	185
		03 MD 101	Motor induksi	1200
		03 MC 202	Motor induksi	310
		K2S04	Lump	170
		Load66	Beban Static	9
		Load67	Beban Static	5
		Load68	Beban Static	125
		Load69	Beban Static	12
		Load70	Beban Static	2
		Load71	Beban Static	2
		Load73	Beban Static	8
		Load74	Beban Static	20
		Load75	Beban Static	125
		Load76	Beban Static	9
		Load77	Beban Static	2
		Load78	Beban Static	2
		Total		2.9 MW

#### Load Shedding tahap 4

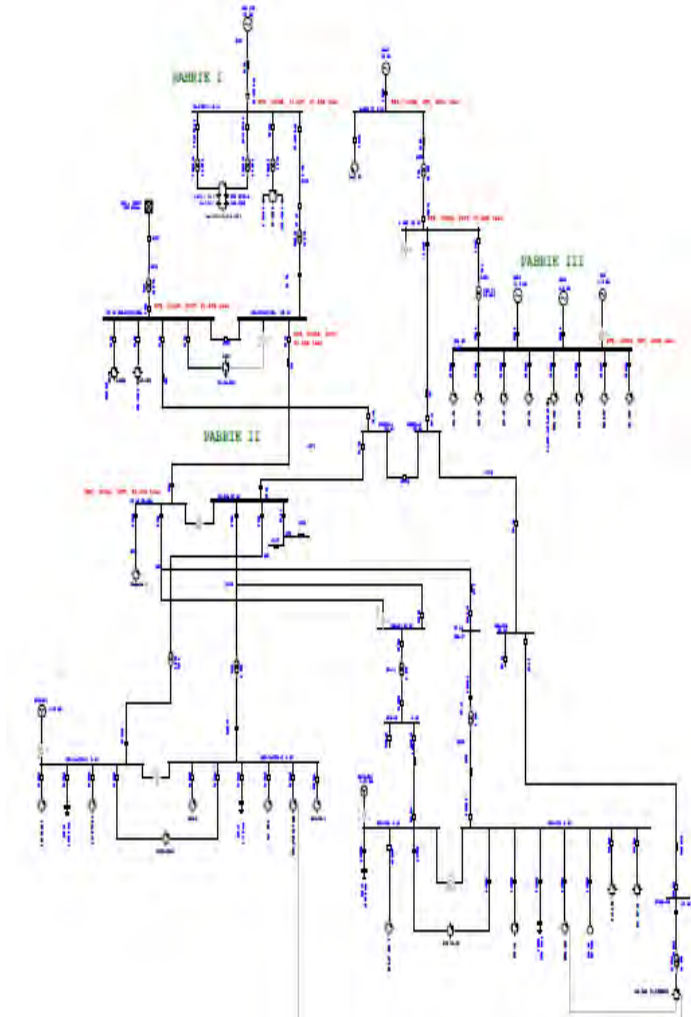
Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas (KW)
4	49 Hz	21 LVS 300-01	Lump	680
		21 MC 301	Motor induksi	160
		21 MC 303	Motor induksi	300
		21 MC 304	Motor induksi	175
		21 MC 361	Motor induksi	160
		21 MC 362	Motor induksi	450
		21 MC 305A	Motor induksi	250
		MPKGRN 3	Lump	850
		MPKGRN 4	Lump	850
		M-1	Motor induksi	180
		M-2	Motor induksi	160
		LV NPK Granul	Lump	425
		M101-JLJ1M821	Motor induksi	5
		M101-JLJ1M820	Motor induksi	11
		M101-JLJ1M801	Motor induksi	10
		M101-JLJ1M809	Motor induksi	10
		M101-JLJ1M651	Motor induksi	7.5
		Load234	Beban statis	20
		Load231	Beban statis	50
		Load235	Beban statis	20
		Load230	Beban statis	20
		Load232	Beban statis	8
		Load229	Beban statis	8
		Load233	Beban statis	9
		Load48	Beban statis	8
		Load47	Beban statis	8
		Load46	Beban statis	50
		Load49	Beban statis	20
		Load44	Beban statis	8
		Load45	Beban statis	20
		Load50	Beban statis	20
		M101-JLJ1M652	Motor induksi	7.5
		M101-JLJ1M653	Motor induksi	10
		M101-JLJ1M654	Motor induksi	10
		Total		4.9 MW

*--Halaman ini sengaja dikosongkan--*



## BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS

### 4.1. Pemodelan Sistem kelistrikan PT.PETROKIMIA Gresik



**Gambar 4.1.** Single Line diagram sistem kelistrikan PT.PETROKIMIA Gresik

Untuk lebih jelasnya , gambar *single line diagram* sistem kelistrikan PT.PETROKIMIA Gresik dapat dilihat pada lembar lampiran . Pada Tugas Akhir ini software simulasi yang digunakan yaitu menggunakan ETAP Power Station 12.6. Dalam bab ini akan disimulasikan dan analisis dari sistem kelistrikan PT.PETROKIMIA Gresik yang berkaitan dengan permasalahan gangguan stabilitas transien dan pelepasan beban . penyebab gangguan stabilitas yang akan dibahas dalam tugas Akhir ini yaitu : Lepas pembangkit (generator trip) . pada sistem kelistrikan PT.PETROKIMIA Gresik , skema *load shedding* bekerja berdasarkan *sensing Relay* Frekuensi (Rocof) atau Relay UFR dimana terbagi menjadi 4 tahap dan respon kerja pembukaan CB beban yang dilepas waktunya seketika ,sedangkan batas tegangan pada sistem ini adalah +5% dan -10% sesuai dengan standar PLN.

Setelah didapatkan pemodelan sistem selanjutnya dilakukan simulasi *transient stability* berdasarkan event yang telah direncanakan ,setelah yang dibahas pada BAB III . pada simulasi ini , waktu kerja relay Rocof atau relay UFR yang digunakan adalah seketika dan waktu total simulasi adalah 5 detik sebagai ansumsi kondisi *steady state* . Sistem kestabilan transien pada sistem kelistrikan PT.PETROKIMIA Gresik menggunakan satu konfigurasi yaitu : Sistem integrasi Generator GTG100 , BTG100 ,TG65 dan TG66 ON dengan PLN dengan kontrak daya sebesar 20 MVA . Pada simulasi ini terdapat beberapa kombinasi studi kasus yang dipergunakan selanjutnya dilakukan simulasi *transient stability* saat PLN OFF , diantaranya :

**Tabel 4.1** kombinasi studi kasus yang dibahas

No	GTG 100	BTG 100	TG65	TG66
1	OFF	ON	ON	ON
2	ON	OFF	ON	ON
3	ON	ON	OFF	OFF
4	ON	ON	ON	OFF
5	ON	ON	OFF	ON

Dalam analisa stabilitas terdapat beberapa parameter yang diamati adalah :

1. Respon frekuensi di main bus generator sebelum , selama dan setelah
2. Respon tegangan di main bus , PS-2880 bus dan B-GEN 01 bus generator sebelum , selama dan setelah

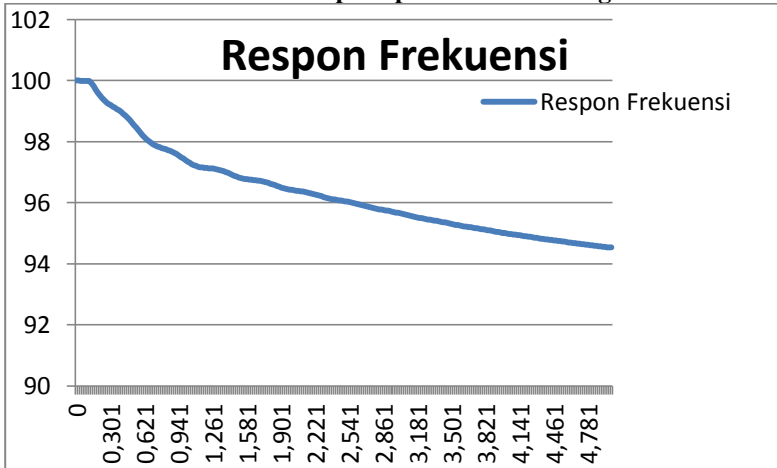
**Tabel 4.2** khusus stabilitas transien yang di bahas

Mode operasi	Nama kasus	Keterangan kasus
GTG100 , BTG100,TG65 dan TG66 ON	TS-1	GTG 100 trip pada $t=0.1$ detik
	TS-1a	GTG 100 trip pada $t=0.1$ detik dilakukan load shedding 1
	TS-1b	GTG 100 trip pada $t=0.1$ detik dilakukan load shedding 2
	TS-1c	GTG 100 trip pada $t=0.1$ detik dilakukan load shedding 3
	TS-1d	GTG 100 trip pada $t=0.1$ detik dilakukan load shedding 4
GTG100 , BTG100,TG65 dan TG66 ON	TS-2	BTG 100 trip pada $t=0.1$ detik
	TS-2a	BTG100 trip pada $t=0.1$ detik dilakukan load shedding 1
	TS-2b	BTG100 trip pada $t=0.1$ detik dilakukan load shedding 2
	TS-2c	BTG100 trip pada $t=0.1$ detik dilakukan load shedding 3
	TS-2d	BTG100 trip pada $t=0.1$ detik dilakukan load shedding 4
GTG100 , BTG100,TG65 dan TG66 ON	TS-3	TG65 dan TG66 trip pada $t=0.1$ detik
	TS-3a	TG65 dan TG66 trip pada $t=0.1$ detik dilakukan load shedding 1
GTG100 , BTG100,TG65 dan TG66 ON	TS-4	TG65 trip pada $t=0.1$ detik
GTG100 , BTG100,TG65 dan TG66 ON	TS-5	TG66 trip pada $t=0.1$ detik

## 4.2 Generator trip (menggunakan rancangan load shedding) di PT PETROKIMIA Gresik

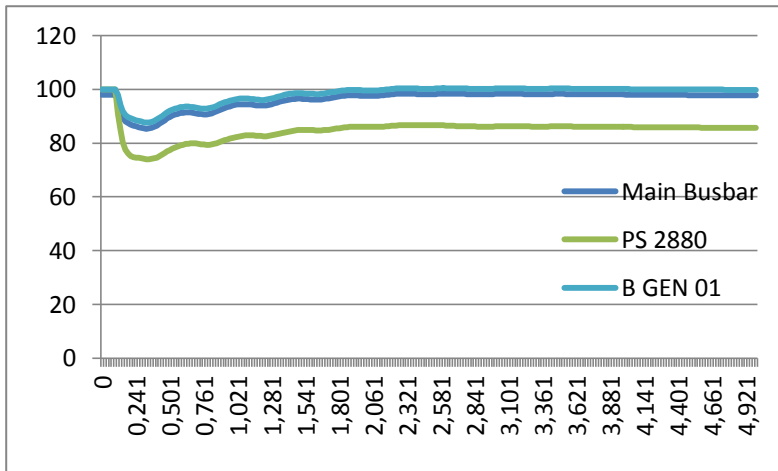
Pada bagian ini akan dilakukan analisa kasus generator trip/lepas dan skema load shedding yang digunakan untuk memperbaiki sistem berdasarkan skema yang sudah ada di lapangan sesuai rancangan perusahaan

### 4.2.1 Generator GTG 100 Trip tanpa skema shedding



**Gambar 4.2** Respon Frekuensi Generator GTG 100 saat Trip tanpa Load shedding

Dari gambar 4.2. sesuai hasil simulasi tanpak setelah GTG 100 trip pada  $t=0.1s$  . frekuensi GTG 100 terus menurun hingga mencapai kondisi steady state pada frekuensi 47.265Hz. Respon frekuensi ini sangat buruk karena berada di bawah batas setting UFR untuk Load shedding 4 tahap yaitu 48.875 .



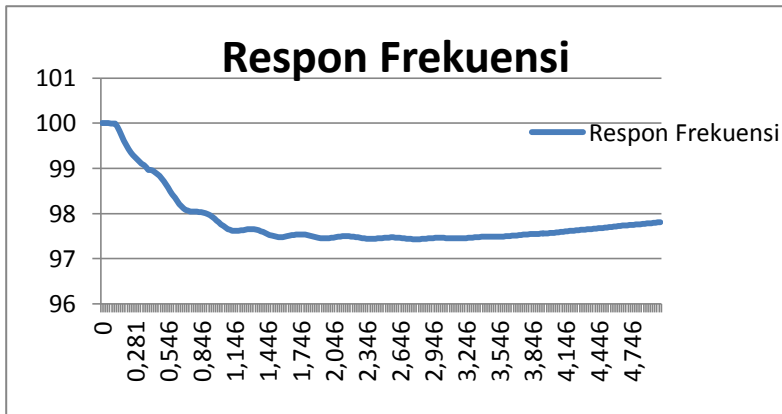
**Gambar 4.3** Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01

Dari gambar 4.3.sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 ( berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih *bus* tersebut karena bus-bus tersebut mewakili tiap *bus* yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah GTG 100 trip tegangan di main *bus* ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 85.698% ,74.008% dan 74.648% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi steady state 97.764% , 99.785% dan 85.691% kondisi respon tegangan *bus* seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

#### 4.2.2 Generator GTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap I

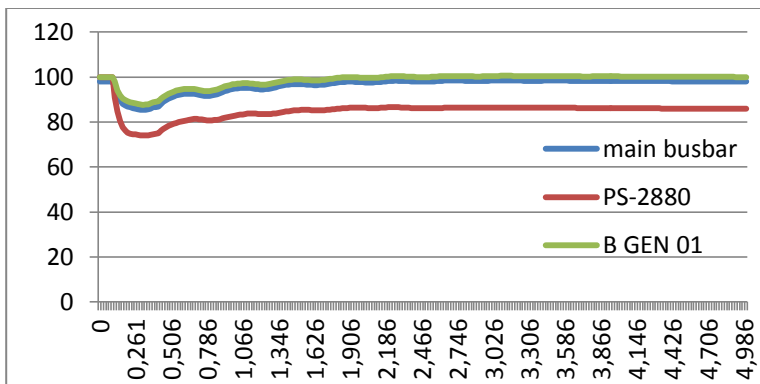
Untuk menghindari CB pada generator GTG 100 open maka perlu adanya pelepasan beban . Hal ini dilakukan agar frekuensi dari generator naik.

Pada pelepasan beban (*load shedding* ) tahap I dilakukan apabila frekuensi generator/sistem berada di bawah 49.5 Hz dan total beban yang dilepaskan sekitar 5.4 MW sesuai dengan setting UFR dan skema perencanaan pelepasan beban yang telah ditetapkan di PT.PETROKIMIA Gresik .



**Gambar 4.4** Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap I

Dapat dihat pada gambar 4.4. berikut , sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap I dengan total daya sebesar 5.4 MW , maka respon frekuensi generator GTG 100 menurun hingga mencapai *steady – state* 48.905 Hz.Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keaddan sebelum dilakukan pelepasan beban tahap I yang sebelumnya frekuensi *steady - state nya* adalah 47.625 Hz . Namun kondisi respon frekuensi setelah pelepasan beban tahap I masih rendah yang masih menyentuh batas setting relay frekuensi load shedding II , maka masih diperlukan pelepasan beban tahap II .



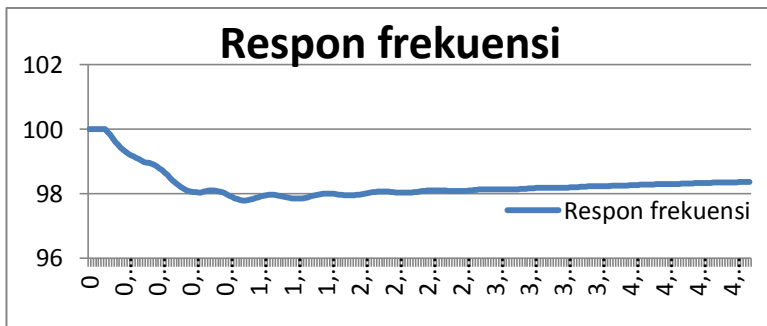
**Gambar 4.5** Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 dan dilakukan load shedding tahap I

Dari gambar 4.5.sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih *bus* tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap *bus* yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah GTG 100 trip tegangan di main *bus* ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 85.639% ,74.032% dan 87.65% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi steady state 98.002% , 85.85% dan 100.069% kondisi respon tegangan *bus* seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

#### 4.2.3 Generator GTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap II

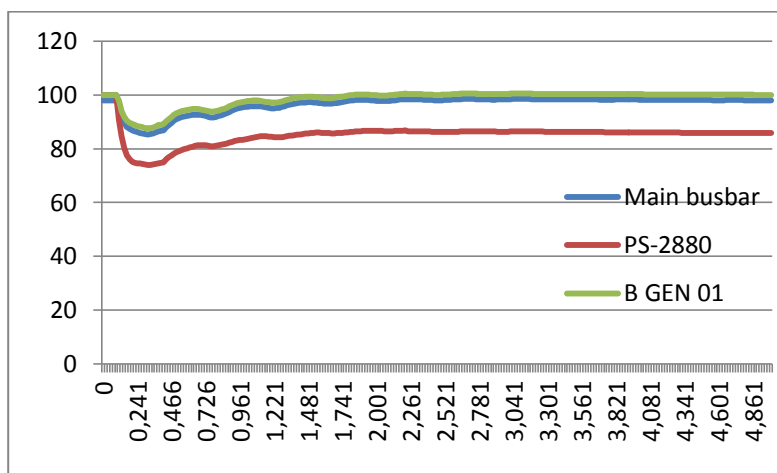
Load sedding tahap II masih perlu dilakukan karena setelah dilakukan load shedding tahap I respon frekuensi generator GTG 100 masih menyentuh batas setting relay frekuensi (Rocof) load shedding tahap II . diharapkan dengan dilakukan load shedding tahap II dapat menaikkan frekuensi sistem agar terjadi *collapsed/black-out* pada sistem dan kegiatan operasional PT.PETROKIMIA Gresik masih tetap bisa berjalan

Pada pelepasan beban (*load shedding*) tahap II dilakukan apabila frekuensi generator/sistem berada di bawah 49.5 Hz dan total beban yang dilepaskan sekitar 4 MW sesuai dengan setting *Underfrequency* dan skema perencanaan pelepasan beban yang telah ditetapkan di PT.PETROKIMIA Gesik .



**Gambar 4.6** Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap II

Dapat dilihat pada gambar 4.6. berikut , sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap II dengan total daya sebesar 4 MW , maka respon frekuensi generator GTG 100 menurun hingga mencapai *steady – state* 49.182 Hz.Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keadaan sebelum dilakukan pelepasan beban tahap II yang sebelumnya frekuensi *steady - state* tahap I adalah 48.905 Hz . Namun kondisi respon frekuensi setelah pelepasan beban tahap II masih rendah yang masih menyentuh batas setting relay frekuensi load shedding III , maka masih diperlukan pelepasan beban tahap III .



**Gambar 4.7** Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 dan dilakukan load shedding tahap II

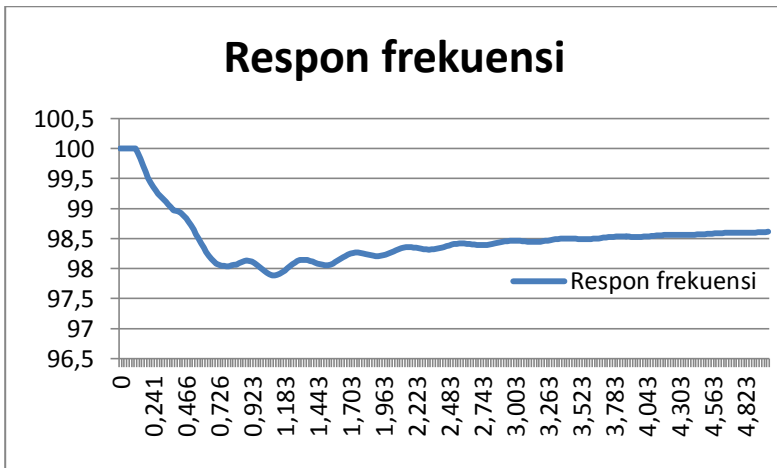
Dari gambar 4.7.sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih *bus* tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap *bus* yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah GTG 100 trip tegangan di main *bus* ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 85.639% ,74.032% dan 87.65% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi steady state 98.002% , 85.85% dan 100.069% kondisi respon tegangan *bus* seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%



#### 4.2.4 Generator GTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap III

Load sedding tahap III masih perlu dilakukan karena setelah dilakukan load shedding tahap III respon frekuensi generator GTG 100 masih menyentuh batas setting relay frekuensi Rocof load shedding tahap III . diharapkan dengan dilakukan *load shedding* tahap III dapat menaikan frekuensi sistem agar terjadi *collapsed/black-out* pada sistem dan kegiatan operasional PT.PETROKIMIA Gresik masih tetap bisa berjalan

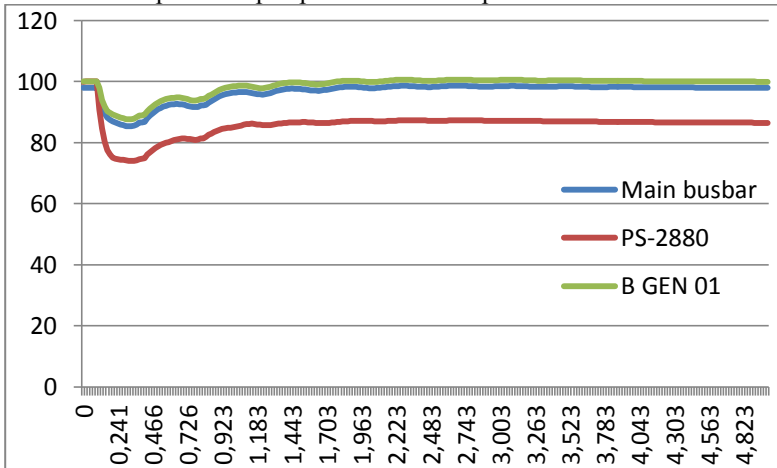
Pada pelepasan beban (*load shedding* ) tahap III dilakukan apabila frekuensi generator/sistem berada di bawah 49.5 Hz dan total beban yang dilepaskan sekitar 2.9 MW sesuai dengan setting UFR dan skema perencanaan pelepasan beban yang telah ditetapkan di PT.PETROKIMIA Gresik



**Gambar 4.8** Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap III

Dapat dihat pada gambar 4.8. berikut , sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap III dengan total daya sebesar 2.9 MW , maka respon frekuensi generator GTG 100 menurun hingga mencapai *steady – state* 49.30 Hz.Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keaddan sebelum dilakukan pelepasan beban tahap III yang sebelumnya frekuensi *steady - state* adalah 49.182 Hz . Namun kondisi respon frekuensi setelah pelepasan beban tahap III masih rendah

yang masih menyentuh batas setting relay frekuensi load shedding III , maka masih diperlukan pelepasan beban tahap IV .



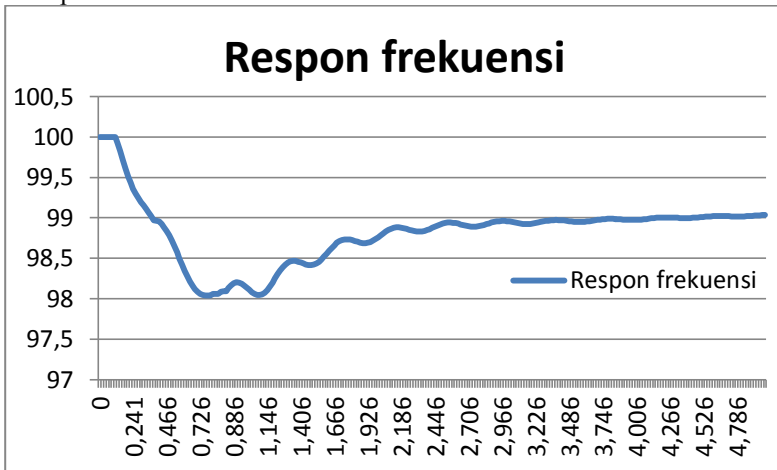
**Gambar 4.9** Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 dan dilakukan load shedding tahap III

Dari gambar 4.9.sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih *bus* tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap *bus* yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah GTG 100 trip tegangan di main *bus* ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 85.639% ,74.032% dan 87.65% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 98.002% , 85.85% dan 100.069% kondisi respon tegangan *bus* seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

#### 4.2.5 Generator GTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap IV

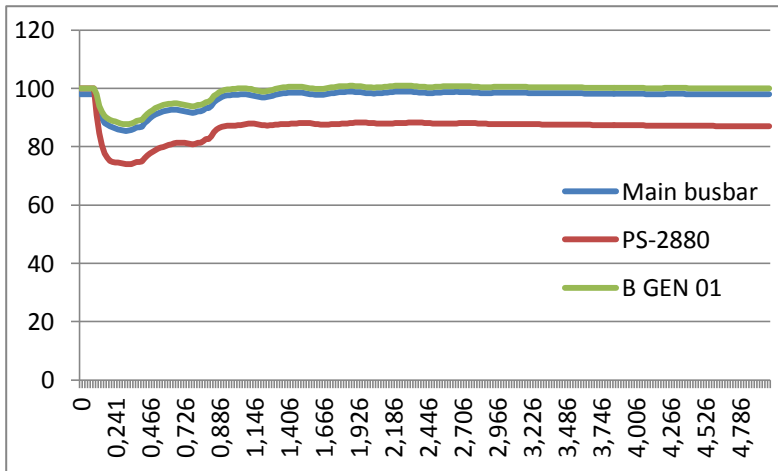
Load sedding tahap IV masih perlu dilakukan karena setelah dilakukan load shedding tahap III respon frekuensi generator GTG 100 masih menyentuh batas setting relay frekuensi Rocof load shedding tahap IV . diharapkan dengan dilakukan load shedding tahap IV dapat menaikan frekuensi sistem agar terjadi *collapsed/black-out* pada sistem dan kegiatan operasional PT.PETROKIMIA Gresik masih tetap bisa berjalan

Pada pelepasan beban (*load shedding*) tahap IV dilakukan apabila frekuensi generator/sistem berada di bawah 49.5 Hz dan total beban yang dilepaskan sekitar 4.9 MW sesuai dengan setting *Underfrequency* dan skema perencanaan pelepasan beban yang telah ditetapkan di PT.PETROKIMIA Gesik



**Gambar 4.10** Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap IV

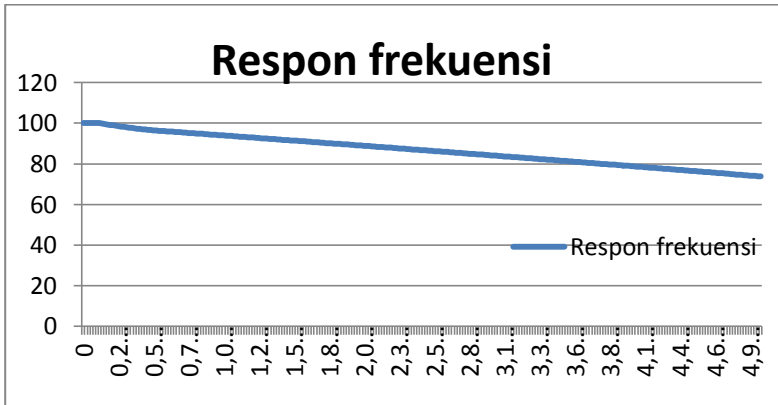
Dapat dilihat pada gambar 4.10. berikut, sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap IV dengan total daya sebesar 4.9 MW, maka respon frekuensi generator GTG 100 menurun hingga mencapai *steady-state* 49.51 Hz. Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keadaan sebelum dilakukan pelepasan beban tahap IV yang sebelumnya frekuensi *steady-state* tahap III adalah 49.30 Hz. Namun kondisi respon frekuensi setelah pelepasan beban tahap IV sudah mulai bagus dan mencapai frekuensi yang normal.



**Gambar 4.11** Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 dan dilakukan load shedding tahap IV

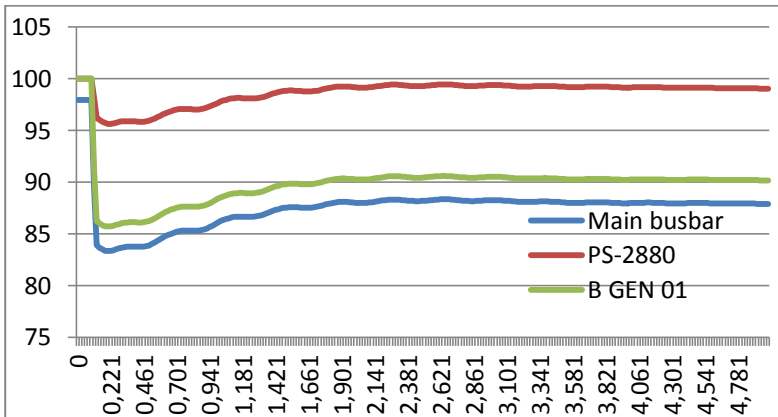
Dari gambar 4.11. sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah GTG 100 trip tegangan di main bus ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 85.639% ,74.032% dan 87.65% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 98.002% , 85.85% dan 100.069% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

#### 4.3 Generator BTG 100 Trip tanpa skema shedding



**Gambar 4.12** Respon Frekuensi Generator BTG 100 saat Trip tanpa Load shedding

Dari gambar 4.12. sesuai hasil simulasi tanpak setelah BTG 100 trip pada  $t=0.1s$  . frekuensi BTG 100 terus menurun hingga mencapai kondisi *steady state* pada frekuensi 36.88Hz. Respon frekuensi ini sangat buruk karena berada di bawah batas setting relay untuk Load shedding 4 tahap yaitu 49.5Hz .



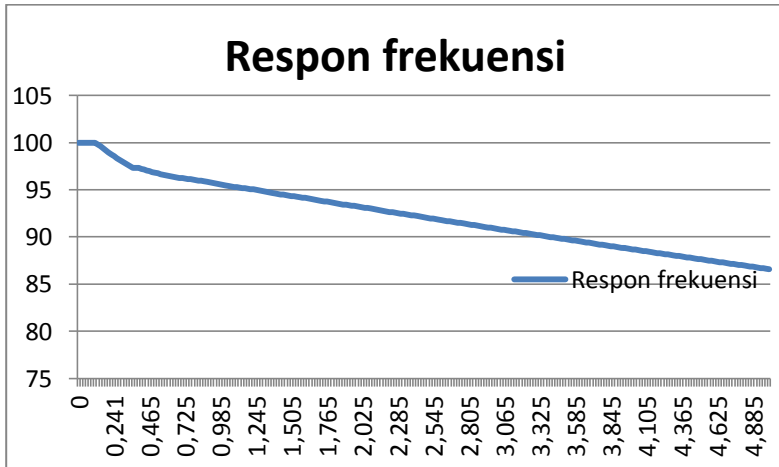
**Gambar 4.13** Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01

Dari gambar 4.13. sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih *bus* tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap *bus* yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah GTG 100 trip tegangan di main *bus* ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 83.33% ,95.84% dan 85.70% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi steady state 87.88% , 99.02% dan 90.15% kondisi respon tegangan *bus* seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

#### 4.3.1 Generator BTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap I

Untuk menghindari CB pada generator BTG 100 open maka perlu adanya pelepasan beban . Hal ini dilakukan agar frekuensi dari generator naik.

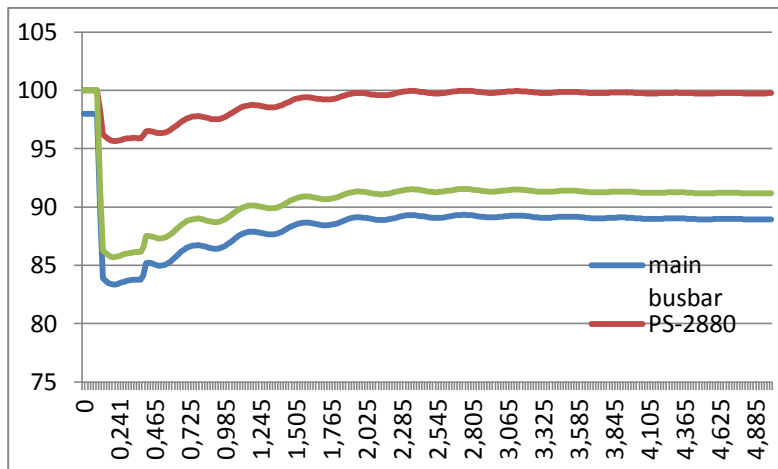
Pada pelepasan beban (*load shedding* ) tahap I dilakukan apabila frekuensi generator/sistem berada di bawah 49.5 Hz dan total beban yang dilepaskan sekitar 5.4 MW sesuai dengan setting dan skema perencanaan pelepasan beban yang telah ditetapkan di PT.PETROKIMIA Gresik .



**Gambar 4.14** Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap I

Dapat dihat pada gambar 4.14. berikut , sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap I dengan total daya sebesar 5.4 MW , maka respon frekuensi generator BTG 100 menurun hingga

mencapai *steady – state* 43.29 Hz. Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keadaan sebelum dilakukan pelepasan beban tahap I yang sebelumnya frekuensi *steady - state* nya adalah 36.88 Hz . Namun kondisi respon frekuensi setelah pelepasan beban tahap I masih rendah yang masih menyentuh batas setting relay *frekuensi load shedding* II , maka masih diperlukan pelepasan beban tahap II .



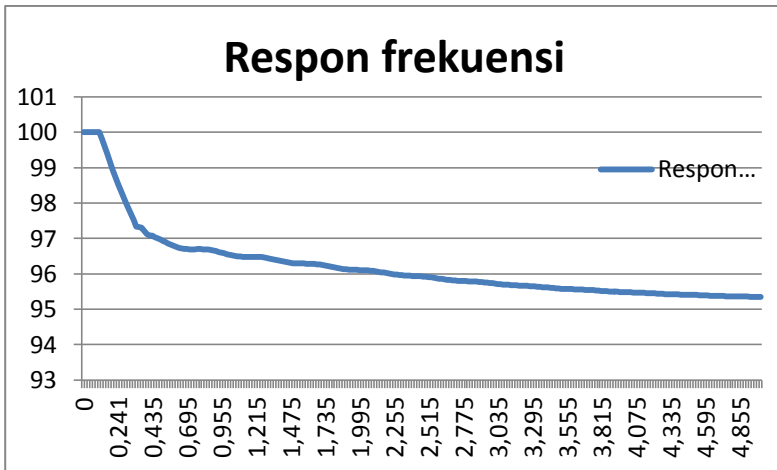
**Gambar 4.14** Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 Dan load shedding tahap I

Dari gambar 4.14. sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih *bus* tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap *bus* yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah BTG 100 trip tegangan di main *bus* ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 86.40% ,95.65% dan 85.70% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi steady state 88.94% , 99.74% dan 91.17% kondisi respon tegangan *bus* seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

#### 4.3.2 Generator BTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap II

Load sedding tahap II masih perlu dilakukan karena setelah dilakukan load shedding tahap I respon frekuensi generator BTG 100 masih menyentuh batas setting relay frekuensi (Rocof) load shedding tahap II . diharapkan dengan dilakukan load shedding tahap II dapat menaikan frekuensi sistem agar terjadi *collapsed/black-out* pada sistem dan kegiatan operasional PT.PETROKIMIA Gresik masih tetap bisa berjalan

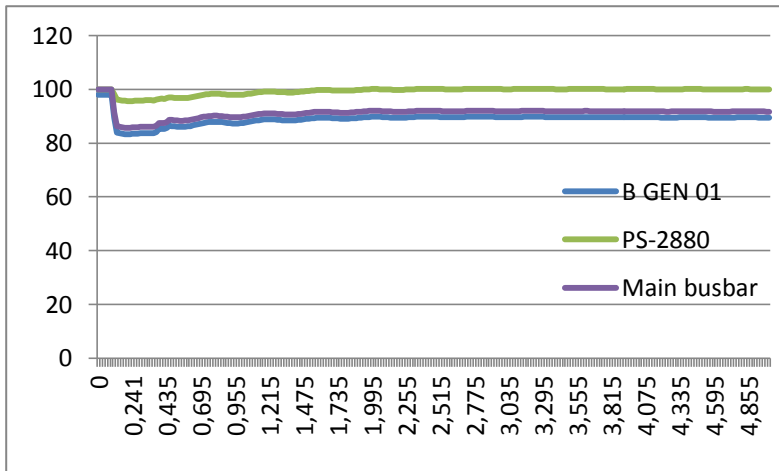
Pada pelepasan beban (*load shedding*) tahap II dilakukan apabila frekuensi generator/sistem berada di bawah 49.5 Hz dan total beban yang dilepaskan sekitar 4 MW sesuai dengan setting UFR dan skema perencanaan pelepasan beban yang telah ditetapkan di PT.PETROKIMIA Gresik .



**Gambar 4.16** Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap II

Dapat dihat pada gambar 4.14. berikut , sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap II dengan total daya sebesar 4 MW , maka respon frekuensi generator BTG 100 menurun hingga mencapai *steady – state* 47.67 Hz.Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keaddan sebelum dilakukan pelepasan beban tahap II yang sebelumnya frekuensi *steady - state* nya adalah 43.29 Hz . Namun kondisi respon frekuensi setelah pelepasan beban tahap II masih rendah yang masih menyentuh batas setting relay frekuensi (Rocof) *load shedding* III , maka masih diperlukan pelepasan beban tahap III





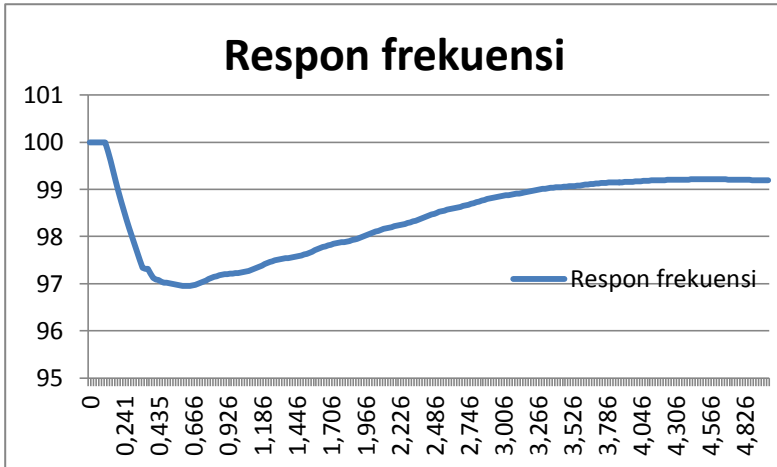
**Gambar 4.17** Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 Dan load shedding tahap II

Dari gambar 4.17. sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersebut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah BTG 100 trip tegangan di main bus ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 83.35% ,95.69% dan 85.79% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi steady state 89.51% , 100.02% dan 91.72% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

### 4.3.3 Generator BTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap III

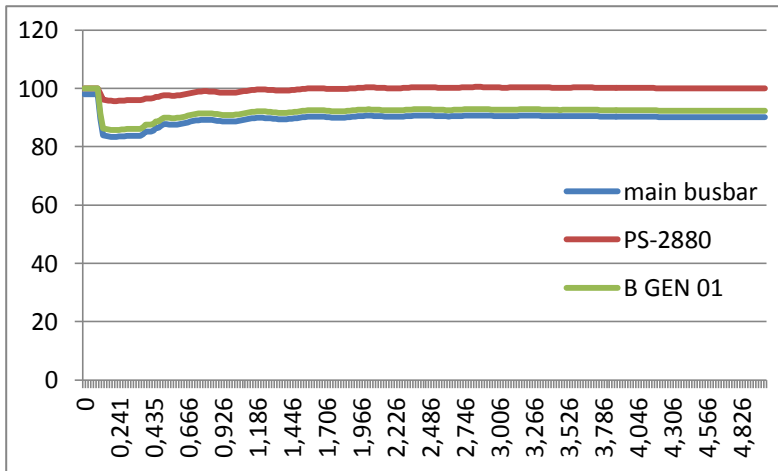
Load sedding tahap III masih perlu dilakukan karena setelah dilakukan load shedding tahap II respon frekuensi generator BTG 100 masih menyentuh batas setting relay frekuensi (Rocof) load shedding tahap II . diharapkan dengan dilakukan load shedding tahap III dapat menaikkan frekuensi sistem agar terjadi *collapsed/black-out* pada sistem dan kegiatan operasional PT.PETROKIMIA Gresik masih tetap bisa berjalan

Pada pelepasan beban (*load shedding*) tahap III dilakukan apabila frekuensi generator/sistem berada di bawah 49.5 Hz dan total beban yang dilepaskan sekitar 2.9 MW sesuai dengan setting Relay frekuensi dan skema perencanaan pelepasan beban yang telah ditetapkan di PT.PETROKIMIA Gresik .



**Gambar 4.18** Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap III

Dapat dilihat pada gambar 4.18. berikut , sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap II dengan total daya sebesar 2.9 MW, maka respon frekuensi generator BTG 100 menurun hingga mencapai *steady – state* 49.55 Hz. Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keadaan sebelum dilakukan pelepasan beban tahap II yang sebelumnya frekuensi *steady - state* nya adalah 47.67 Hz . kondisi frekuensi sudah sangat bagus pada tahap III tapi masih menyentuh batas setting relay frekuensi (Rocof) *load shedding* IV , maka masih diperlukan pelepasan beban tahap IV



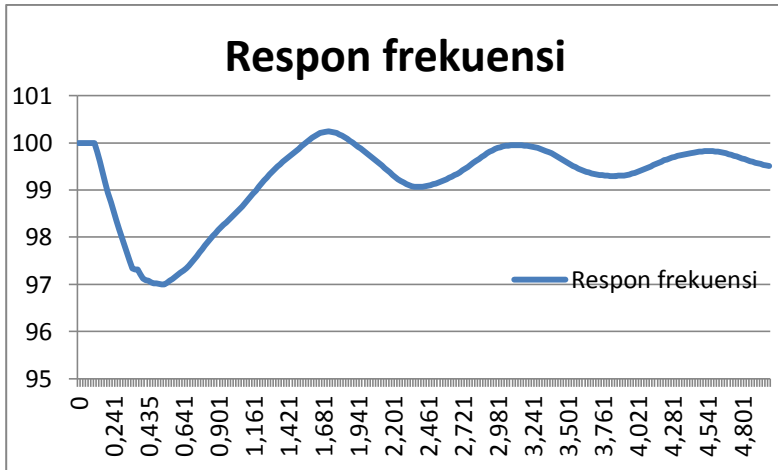
**Gambar 4.19** Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 Dan load shedding tahap III

Dari gambar 4.19. sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersebut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah BTG 100 trip tegangan di main bus ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 83.33% ,95.89% dan 85.95% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi steady state 90.02% , 99.92% dan 92.21% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

#### 4.3.4 Generator BTG 100 trip dan dilakukan load shedding tahap IV

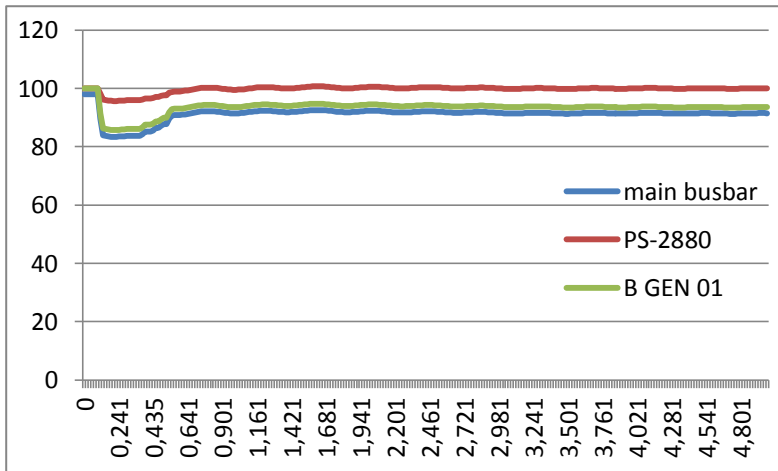
Load sedding tahap IV masih perlu dilakukan karena setelah dilakukan load shedding tahap III respon frekuensi generator BTG 100 masih menyentuh batas setting relay frekuensi (Rocof) load shedding tahap III . diharapkan dengan dilakukan load shedding tahap IV dapat menaikan frekuensi sistem agar terjadi *collapsed/black-out* pada sistem dan kegiatan operasional PT.PETROKIMIA Gresik masih tetap bisa berjalan

Total beban yang dilepaskan sekitar 4.9 MW sesuai dengan setting UFR dan skema perencanaan pelepasan beban yang telah ditetapkan di PT.PETROKIMIA Gesik .



**Gambar 4.20** Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap IV

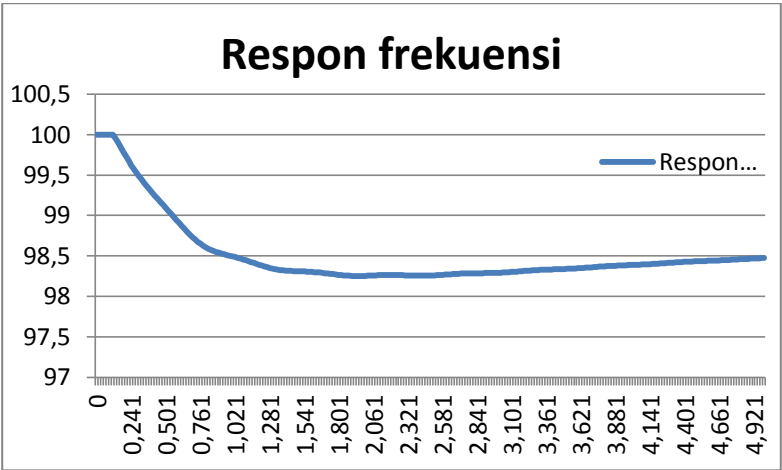
Dapat dihat pada gambar 4.20. berikut , sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap IV dengan total daya sebesar 4.9 MW , maka respon frekuensi generator BTG 100 menurun hingga mencapai *steady – state* 49.75 Hz.Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keaddan sebelum dilakukan pelepasan beban tahap IV yang sebelumnya frekuensi *steady - state* tahap III adalah 49.55 Hz . Namun kondisi respon frekuensi setelah pelepasan beban tahap IV sudah sangat bagus .



**Gambar 4.21** Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01

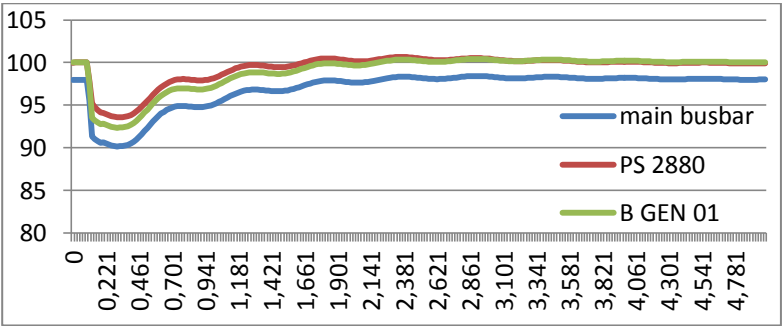
Dari gambar 4.21.sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih *bus* tersebut karena bus-bus tersebut mewakili tiap *bus* yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah BTG 100 trip tegangan di main *bus* ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 83.33% ,95.65% dan 85.70% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi steady state 91.46% , 100.04% dan 93.26% kondisi respon tegangan *bus* seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

4.4 Generator TG65 dan TG66 Trip tanpa skema shedding



Gambar 4.22 Respon Frekuensi Generator TG65 dan TG66

Dari gambar 4.22. sesuai hasil simulasi tanpa TG65 dan TG66 trip pada  $t=0.1s$  . frekuensi terus menurun hingga mencapai kondisi *steady state* pada frekuensi 49.235Hz. Respon frekuensi ini cukup bagus tapi karena berada di bawah batas setting Relay frekuensi (Rocof) untuk Load shedding 1 tahap yaitu 49.5Hz . agar mendapatkan *steady –state* yang normal.

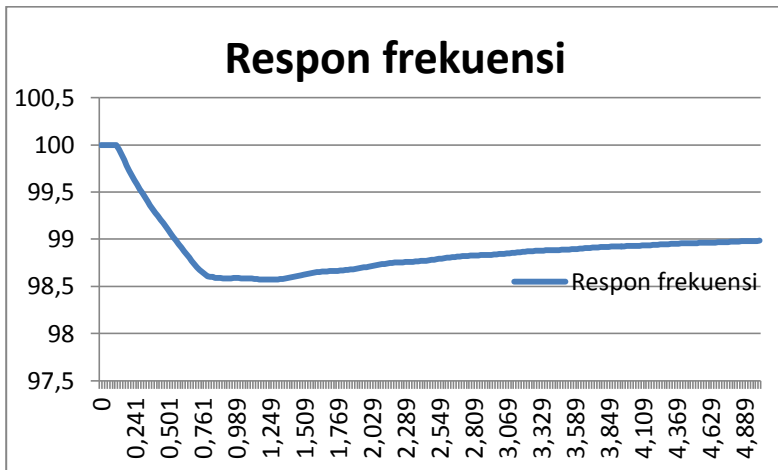


Gambar 4.23 Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01

Dari gambar 4.23. sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih *bus* tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap *bus* yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah TG65 dan TG66 trip tegangan di main *bus* ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 90.18% ,93.58% dan 92.33% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 98.01% , 99.91% dan 100.03% kondisi respon tegangan *bus* seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

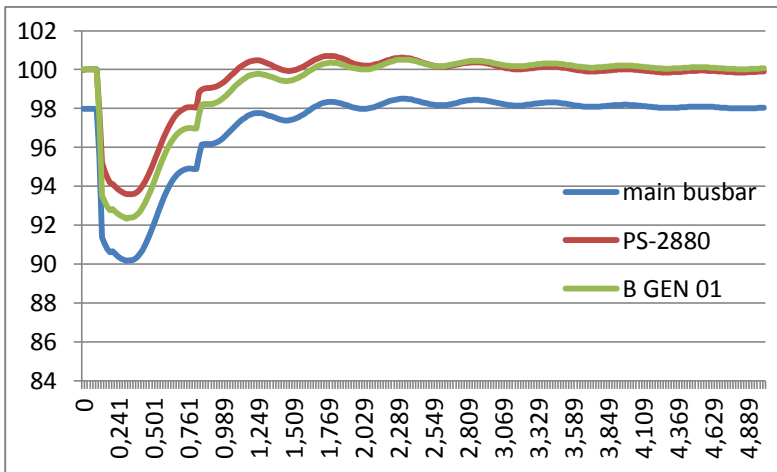
#### 4.4.1 Generator TG65 dan TG66 trip dan dilakukan load shedding tahap I

Untuk menghindari CB pada generator TG65 dan TG66 open maka perlu adanya pelepasan beban . Hal ini dilakukan agar frekuensi dari generator naik . Pada pelepasan beban (*load shedding* ) tahap I dilakukan apabila frekuensi generator/sistem berada di bawah 49.5 Hz dan total beban yang dilepaskan sekitar 5.4 MW sesuai dengan setting UFR dan skema perencanaan pelepasan beban yang telah ditetapkan di PT.PETROKIMIA Gresik .



**Gambar 4.24** Respon Frekuensi Generator TG65 dan TG66 dan dilakukan *Load shedding* tahap I

Dapat dilihat pada gambar 4.24. berikut , sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap I dengan total daya sebesar 5.4 MW , maka respon frekuensi generator menurun hingga mencapai *steady – state* 49.5 Hz.Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keadaan sebelum dilakukan pelepasan beban tahap I yang sebelumnya frekuensi *steady - state* nya adalah 49.23 Hz . Namun kondisi respon frekuensi ini sudah bagus dan tidak perlu ke tahap pelepasan beban selanjutnya.

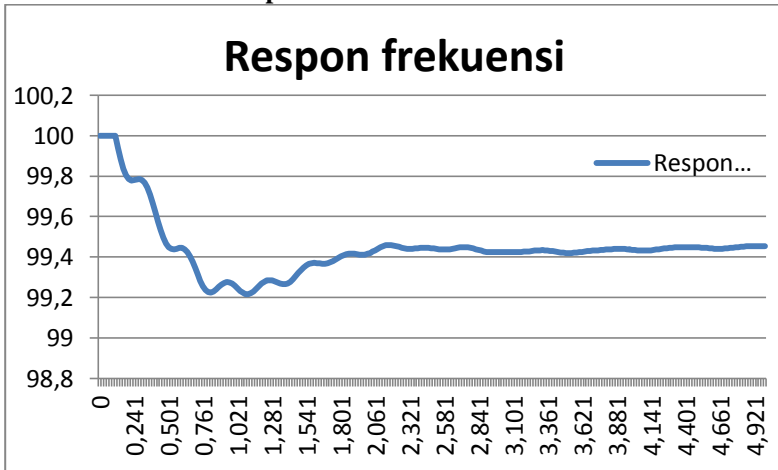


**Gambar 4.25** Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01

Dari gambar 4.25.sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah TG65 dan TG66 trip tegangan di main bus ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 90.1% ,93.58% dan 92.33% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 98.03% , 99.90% dan 100.05% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

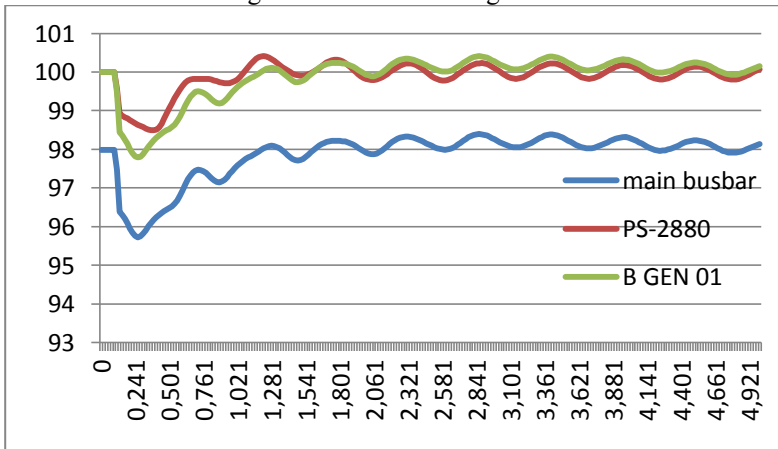


#### 4.5 Generator TG65 trip



**Gambar 4.26** Respon Frekuensi Generator TG65

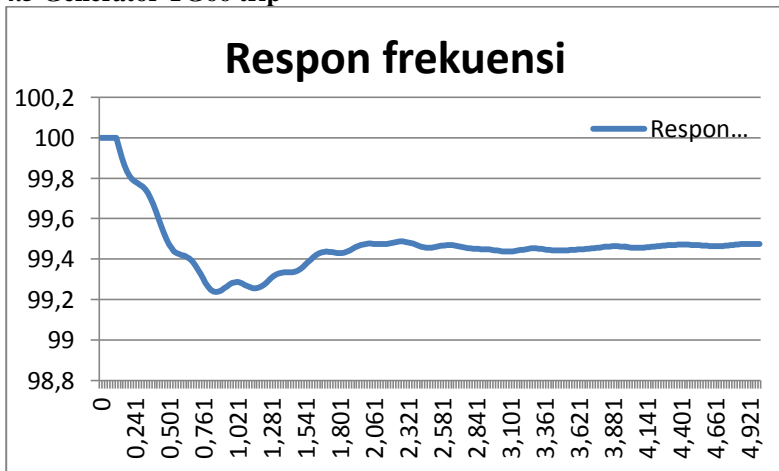
Dari gambar 4.26 sesuai hasil simulasi tanpak TG65 trip pada  $t=0.1s$  . frekuensi terus menurun hingga mencapai kondisi *steady state* pada frekuensi 49.72Hz. Respon frekuensi ini cukup bagus tapi karena tidak berada di bawah batas setting relay frekuensi (Rocof) maka tidak dilakukan load shedding karena frekuensi sangat stabil



**Gambar 4.27** Respon tegangan di Main Busbar ,PS-2880 dan B GEN 01

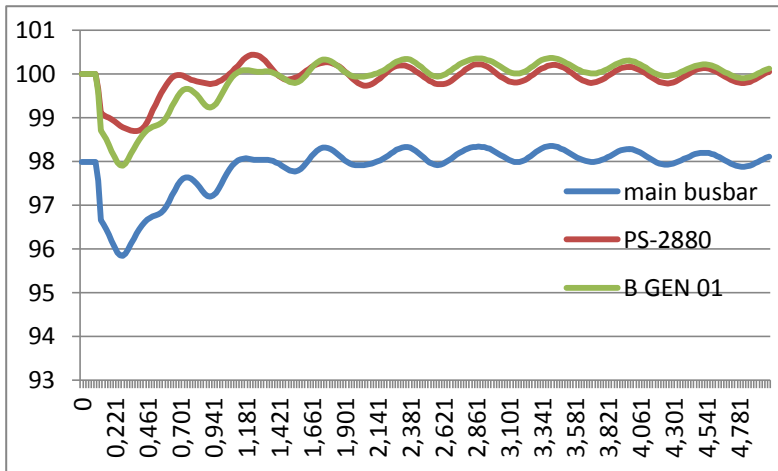
Dari gambar 4.27. sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih *bus* tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap *bus* yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah TG65 trip tegangan di main *bus* ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 95.90% ,98.48% dan 99.73% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 98.13% , 100.07% dan 100.14% kondisi respon tegangan *bus* seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

#### 4.5 Generator TG66 trip



**Gambar 4.28** Respon Frekuensi Generator TG66

Dari gambar 4.28 sesuai hasil simulasi tanpa TG66 trip pada  $t=0.1s$  . frekuensi terus menurun hingga mencapai kondisi *steady state* pada frekuensi 49.75 Hz. Respon frekuensi ini cukup bagus tapi karena tidak berada di bawah batas setting relay frekuensi (Rocof) maka tidak dilakukan load shedding karena frekuensi sangat stabil



**Gambar 4.29** Respon tegangan Generator

Gambar 4.29 sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih *bus* tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap *bus* yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah TG66 trip tegangan di main *bus* ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 95.90% ,98.48% dan 99.73% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 98.13% , 100.07% dan 100.14% kondisi respon tegangan *bus* seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

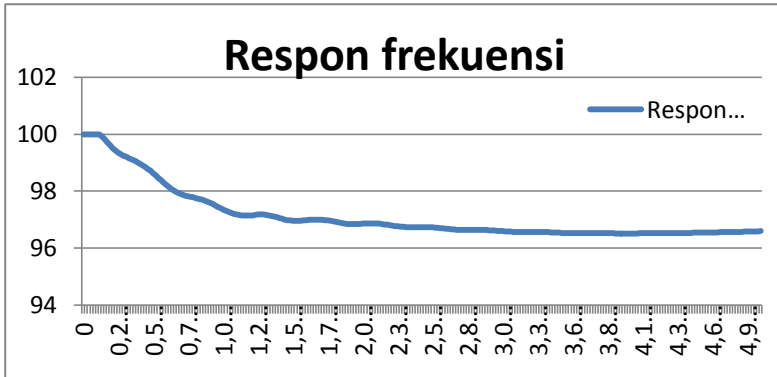
#### **4.6 Generator trip (Menggunakan Rancangan load shedding 6 tahap standar ANSI/IEEE C37 106-1987)**

Bagian ini akan dilakukan analisa stabilitas transien dengan mengamati respon frekuensi dan tegangan sistem setelah terjadi gangguan lepasnya generator sama seperti bab sebelumnya namun dibahas berdasarkan standar load shedding 6 tahap ANSI/IEEE C37 106 – 1987 .

##### **4.6.1 Generator GTG100 trip tanpa skema load shedding (menggunakan rancangan load shedding 6 tahap standar ANSI/IEEE C37 106-1987)**

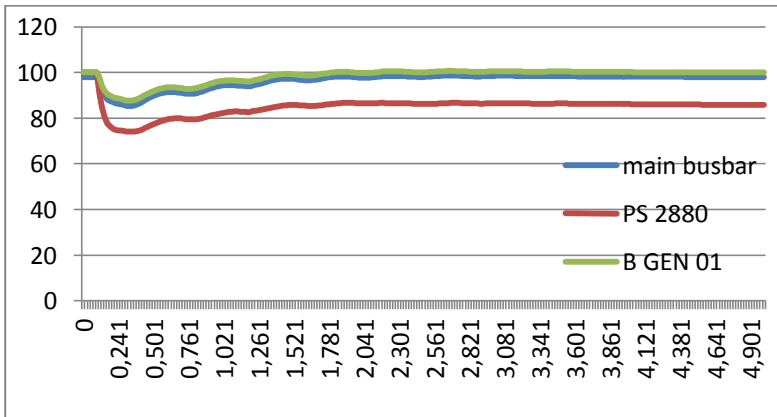
Respon frekuensi dan tegangan pada generator GTG100 yang diamati sama seperti pada bahasan sebelumnya pada bab 4.21 dan gambar 4.2 dan gambar 4.3

#### 4.6.2 Generator GTG trip skema Load shedding 1



**Gambar 4.30** Respon Frekuensi Generator GTG100 dengan load shedding 1

Dari gambar 4.30 sesuai hasil simulasi tanpa GTG trip pada  $t=0.1s$  frekuensi terus menurun hingga mencapai kondisi *steady state* pada frekuensi 48.295 Hz. Respon frekuensi ini tidak bagus dan masih berada di bawah batas setting relay frekuensi UFR standar ANSI/IEEE C37 106-1987



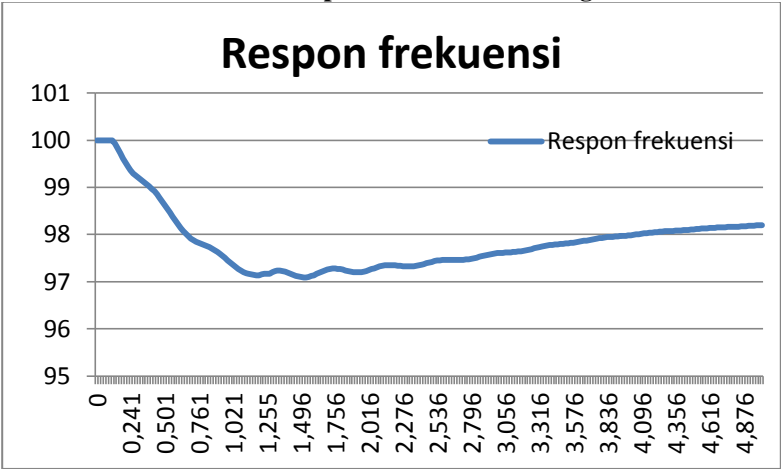
**Gambar 4.31** Respon tegangan Generator

Gambar 4.31 sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah GTG100 trip tegangan di main bus ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 97.03% ,74.03% dan 87.65% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 99.02% , 85.80% dan 99.93% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

**Tabel 4.3** Load shedding Tahap I standar ANSI/IEEE C37 106-1987

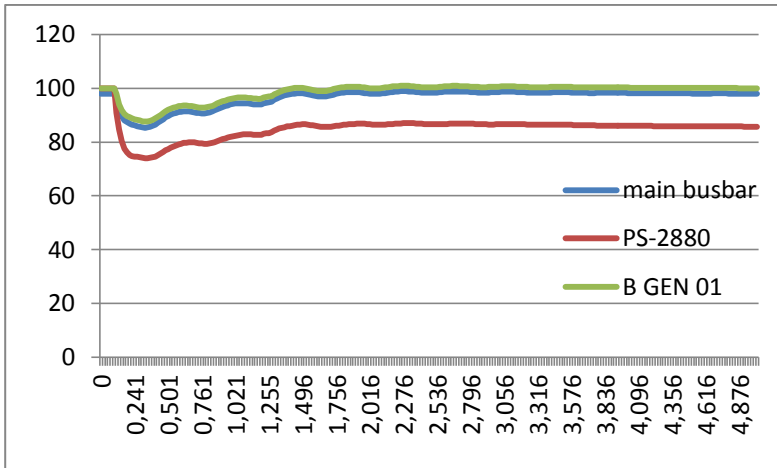
Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas(KW)
1	49.5	MC1301	Motor induksi	4000

#### 4.6.3 Generator GTG100 trip skema Load shedding II



**Gambar 4.32** Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap II

Dapat dilihat pada gambar 4.32 berikut, sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap II dengan total daya sebesar 4 MW, maka respon frekuensi generator GTG 100 menurun hingga mencapai *steady-state* 48.89 Hz. Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keadaan sebelum dilakukan pelepasan beban tahap III yang sebelumnya frekuensi *steady-state* tahap I adalah 48.295 Hz.



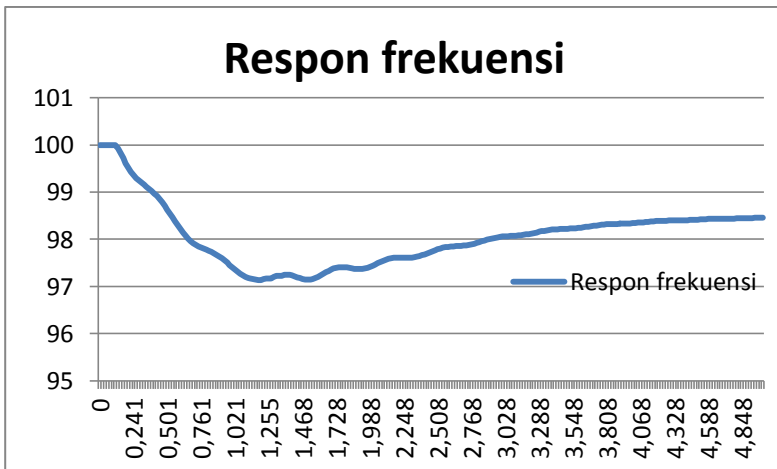
**Gambar 4.33** Respon tegangan Generator

Gambar 4.33 sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar, PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus. Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT. PETROKIMIA Gresik. Setelah GTG100 trip tegangan di main bus, PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing-masing 95.90%, 98.48% dan 99.73% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 98.13%, 100.07% dan 100.14% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%.

**Tabel 4.4** Load shedding Tahap II standar ANSI/IEEE C37 106-1987

Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas(KW)
2	49.25 Hz	MC-2101	Lump	0.34
		MCC-2117	Lump	0.34
		MCC-2149	Lump	0.34
		MCC-2133	Lump	0.34
		MC 2323	Motor induksi	300
		MC 2341	Motor induksi	160
		MM 2302A	Motor induksi	400
		MP 2601A	Motor induksi	150
		MP 2601C	Motor induksi	150
		MP 2602 A	Motor induksi	150
		MP 2602C	Motor induksi	150
		MQ 2204	Motor induksi	310
		MQ7131	Motor induksi	220
		Total		4 MW

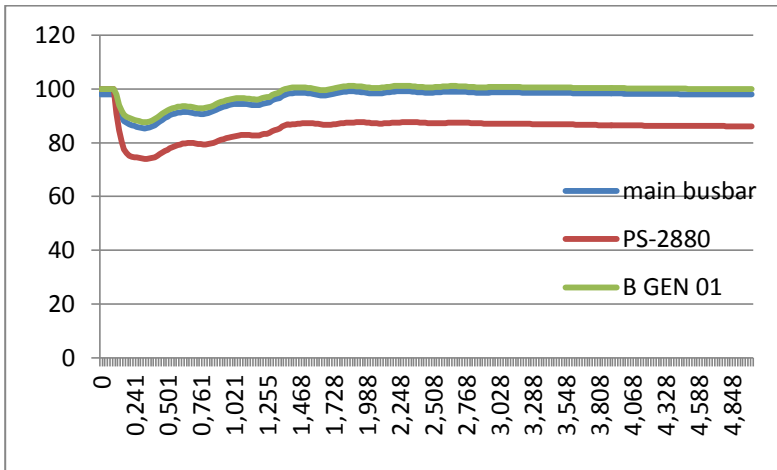
#### 4.6.4 Generator GTG100 trip skema Load shedding III



**Gambar 4.34** Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan Load shedding tahap III

Dapat dilihat pada gambar 4.34 berikut , sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap III dengan total daya sebesar

2.1 MW , maka respon frekuensi generator GTG 100 menurun hingga mencapai *steady – state* 49.22 Hz.Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keaddan sebelum dilakukan pelepasan beban tahap IV yang sebelumnya frekuensi *steady - state* tahap I adalah 48.89Hz .



**Gambar 4.35** Respon tegangan Generator

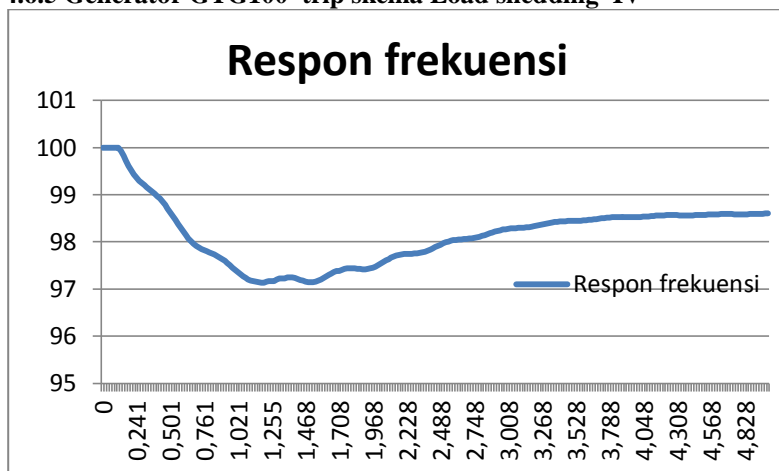
Gambar 4.35 sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah GTG100 trip tegangan di main bus ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 95.90% ,98.48% dan 99.73% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 98.13% , 100.07% dan 100.14% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%



**Tabel 4.5** Load shedding Tahap III standar ANSI/IEEE C37 106-1987

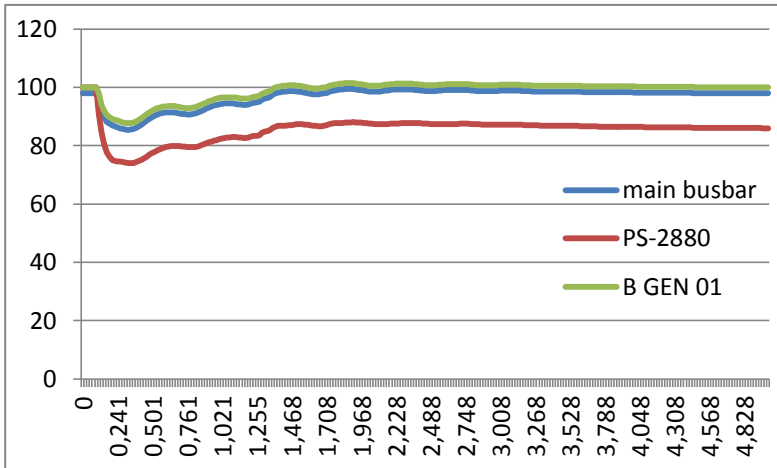
Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas (KW)
3	49 Hz	03 MC 101	Motor induksi	185
		03 MD 101	Motor induksi	1200
		03 MC 202	Motor induksi	310
		K2S04	Lump	170
		Load66	Beban Static	9
		Load67	Beban Static	5
		Load68	Beban Static	125
		Load69	Beban Static	12
		Load70	Beban Static	2
		Load71	Beban Static	2
		Load73	Beban Static	8
		Load74	Beban Static	20
		Load75	Beban Static	125
		Load76	Beban Static	9
		Load77	Beban Static	2
		Load78	Beban Static	2
		Total		2.1 MW

#### 4.6.5 Generator GTG100 trip skema Load shedding IV



**Gambar 4.36** Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan Load shedding tahap IV

Dapat dilihat pada gambar 4.36 berikut, sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap IV dengan total daya sebesar 2.1 MW, maka respon frekuensi generator GTG 100 menurun hingga mencapai *steady-state* 49.30 Hz. Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keadaan sebelum dilakukan pelepasan beban tahap V yang sebelumnya frekuensi *steady-state* tahap I adalah 49.22 Hz.



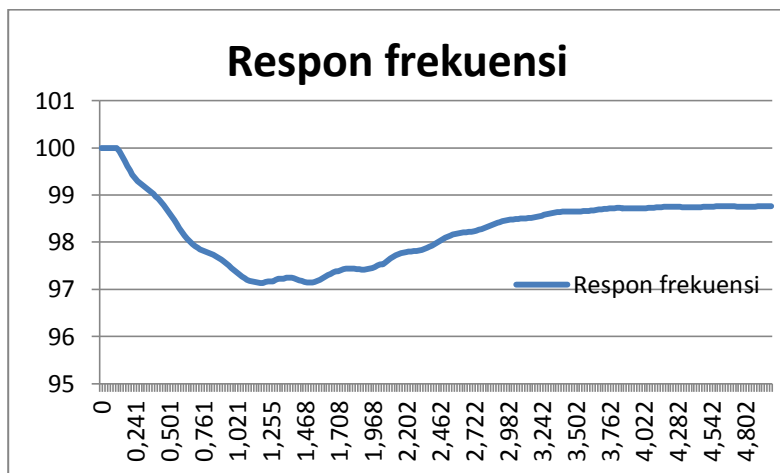
**Gambar 4.37** Respon tegangan Generator

Gambar 4.37 sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar, PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus. Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT. PETROKIMIA Gresik. Setelah GTG trip tegangan di main bus, PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing-masing 95.90%, 98.48% dan 99.73% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 98.13%, 100.07% dan 100.14% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%.

**Tabel 4.6** Load shedding Tahap IV standar ANSI/IEEE C37 106-1987

Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas (KW)
3	49H z	M101-JLJIM195	Motor induksi	265
		M101-JLJIM196	Motor induksi	153
		M101-JLJIM198	Motor induksi	9.7
		M101-JLJIM200	Motor induksi	27
		M101-JLJIM202	Motor induksi	91
		MC1302	Motor induksi	1000
		MP1101	Motor induksi	275
		MP1302	Motor induksi	170
		LSSI-SH	Lump	0.255
		Total		1.9 MW

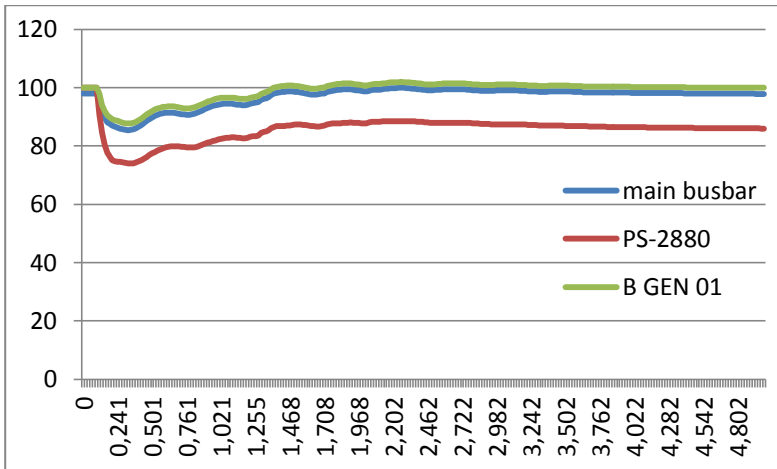
#### 4.6.6 Generator GTG100 trip skema Load shedding V



**Gambar 4.38** Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap V

Dapat dilihat pada gambar 4.38 berikut, sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap V dengan total daya sebesar 2.1 MW, maka respon frekuensi generator GTG 100 menurun hingga mencapai *steady-state* 49.40 Hz. Hal ini berarti frekuensi mengalami

kenaikan dari keadaan sebelum dilakukan pelepasan beban tahap VI yang sebelumnya frekuensi steady - state tahap I adalah 49.30Hz .



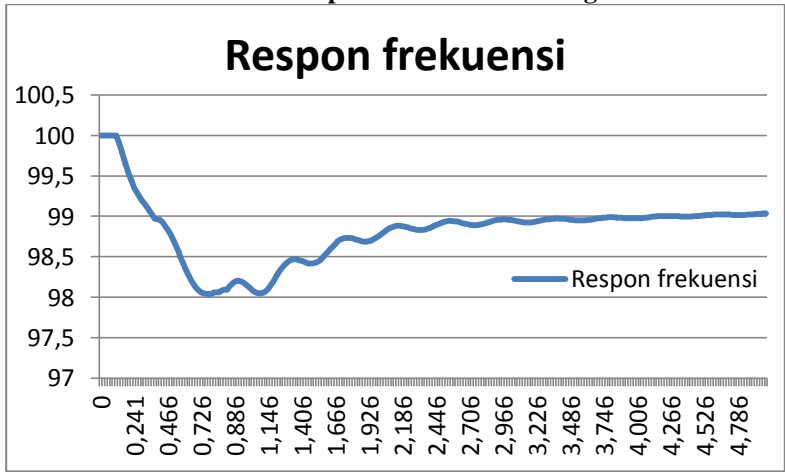
**Gambar 4.39** Respon tegangan generator

Gambar 4.39 sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah GTG100 trip tegangan di main bus ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 95.90% ,98.48% dan 99.73% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 98.13% , 100.07% dan 100.14% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%\

**Tabel 4. 7** Load shedding Tahap I standar ANSI/IEEE C37 106-1987

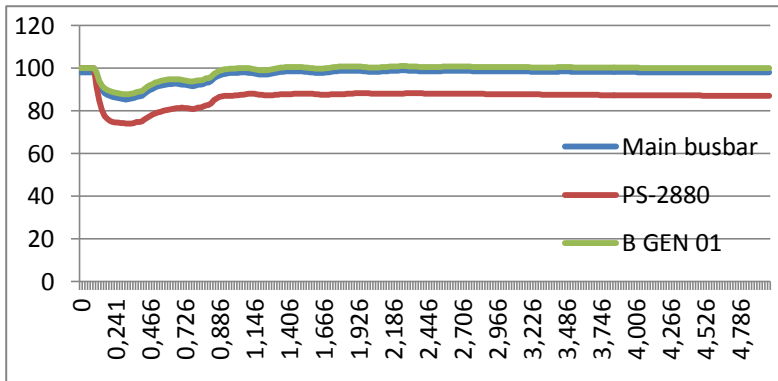
Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas (KW)
5	48.8 Hz	21 LVS 300-01	Lump	680
		21 MC 301	Motor induksi	160
		21 MC 303	Motor induksi	300
		21 MC 304	Motor induksi	175
		21 MC 361	Motor induksi	160
		21 MC 362	Motor induksi	450
		21 MC 305A	Motor induksi	250
		Total		2.1 MW

**4.6.7 Generator GTG100 trip skema Load shedding VI**



**Gambar 4.40** Respon Frekuensi Generator GTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap VI

Dapat dilihat pada gambar 4.40 berikut , sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap V dengan total daya sebesar 2.1 MW , maka respon frekuensi generator GTG 100 menurun hingga mencapai *steady – state* 49.51



**Gambar 4.41** Respon tegangan generator

Gambar 4.41 sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . GTG 100 trip tegangan di main bus ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 95.90% ,98.48% dan 99.73% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 98.13% , 100.07% dan 100.14% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%\

**Tabel 4.8** Load shedding Tahap VI standar ANSI/IEEE C37 106-1987

Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas (KW)
VI	48.5	MPKGRN 3	Lump	850
		MPKGRN 4	Lump	850
		M-1	Motor induksi	180
		M-2	Motor induksi	160
		LV NPK Granul	Lump	425
		M101-JLJ1M821	Motor induksi	5
		M101-JLJ1M820	Motor induksi	11
		M101-JLJ1M801	Motor induksi	10
		M101-JLJ1M809	Motor induksi	10
		M101-JLJ1M651	Motor induksi	7.5

stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas (KW)
		Load234	Beban statis	20
		Load231	Beban statis	50
		Load235	Beban statis	20
		Load230	Beban statis	20
		Load232	Beban statis	8
		Load229	Beban statis	8
		Load233	Beban statis	9
		Load48	Beban statis	8
		Load47	Beban statis	8
		Load46	Beban statis	50
		Load49	Beban statis	20
		Load44	Beban statis	8
		Load45	Beban statis	20
		Load50	Beban statis	20
		Total		2.7 MW

Berikut adalah Respon frekuensi dan tegangan pada kasus GTG100 trip Hasil perbandingan setting Relay frekuensi Rocof PT.PETROKIMIA Gresik dan standar ANSI/IEEE C37 106-1987

**Tabel 4.9** Setting Relay frekuensi (Rocof)

Parameter	Setting Relay frekuensi (Rocof) PT Petrokimia Gresik			
	Stage I	StageII	Stage III	Stage IV
Load shedding time (sec)	0.505	0.880	0.902	0.925
Under Nominal Frequency (Hz)	48.71	48.75	48.94	48.9
Above Nominal Frequency (Hz)	-	-	-	-
Frequency at steady state condition	48.9	49.18	49.30	49.52
Under Nominal Voltage (%)	74.03	74.03	74.05	74.03
Above Nominal voltage	-	-	-	100.04
Voltage at steady state condition (%)	85	85.79	86.50	87.67

**Tabel 4.10** standar ANSI/IEEE C37 106-1987

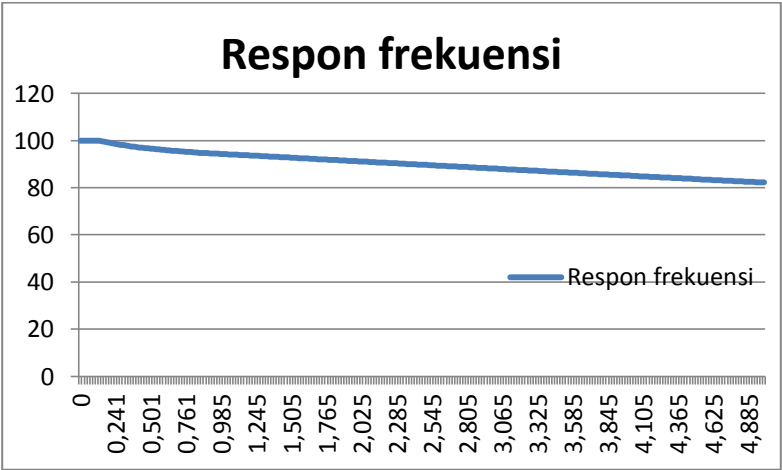
Parameter	Setting UFR berdasarkan standar ANSI/IEEE C37 106-1987					
	Stage I	Stage II	Stage III	Stage IV	Stage V	Stage VI
Load shedding time (sec)	1.300	1.355	1.407	1.807	2.121	2.133
Under Nominal Frequency (Hz)	-	48.23	48.51	48.57	48.56	48.56
Above Nominal Frequency (Hz)	-	-	-	-	-	-
Frequency at steady state condition	48.29	49.09	49.21	49.29	49.38	49.51
Under Nominal Voltage (%)	85.33	85.26	87.6	85.33	85.33	86.26
Above Nominal voltage	-	-	-	-	-	101.5
Voltage at steady state condition (%)	97.91	98.04	97.86	97.91	97.86	97.81

#### **4.7 Generator BTG100 trip tanpa skema load shedding (menggunakan rancangan load shedding 6 tahap standar ANSI/IEEE C37 106-1987)**

Respon frekuensi dan tegangan pada generator GTG100 yang diamati sama seperti pada bahasan sebelumnya dapat dilihat dari gambar 4.12 dan gambar 4.13

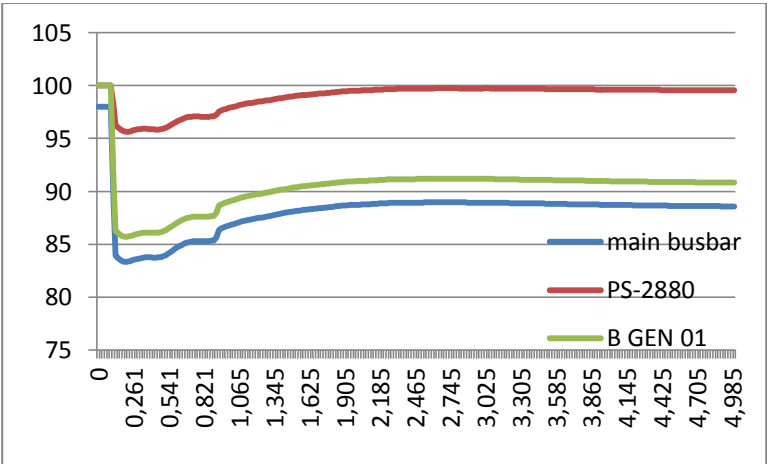


4.7.1 Generator BTG trip skema Load shedding 1



Gambar 4.42 Respon Frekuensi Generator BTG100 dengan load shedding 1

Dari gambar 4.42 sesuai hasil simulasi tanpa BTG 100 trip pada  $t=0.1s$  . frekuensi terus menurun hingga mencapai kondisi *steady state* pada frekuensi 41.05 Hz. Respon frekuensi ini tidak bagus dan masih berada di bawah batas setting relay frekuensi UFR standar ANSI/IEEE C37 106-1987



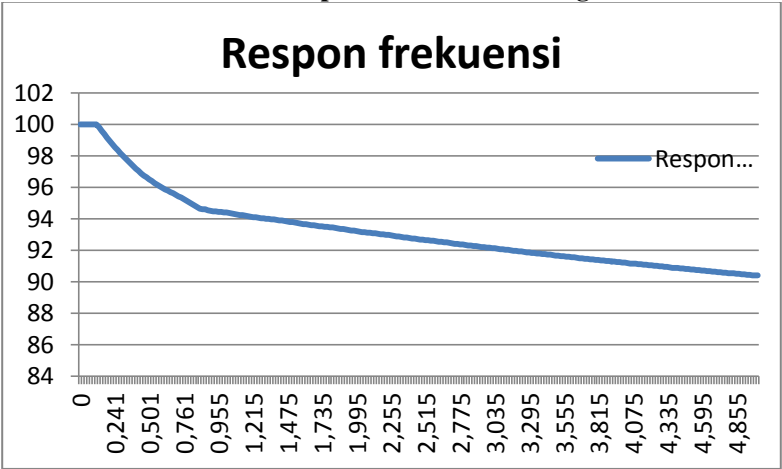
Gambar 4.43 Respon tegangan Generator

Gambar 4.43 sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar (hijau) ,PS-2880(merah dan B GEN 01 (Biru) berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah BTG100 trip tegangan di main bus ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 83.33% ,95.84% dan 87.70% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 88.59% , 99.56% dan 90.83% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

**Tabel 4.11** Load shedding Tahap I standar ANSI/IEEE C37 106-1987

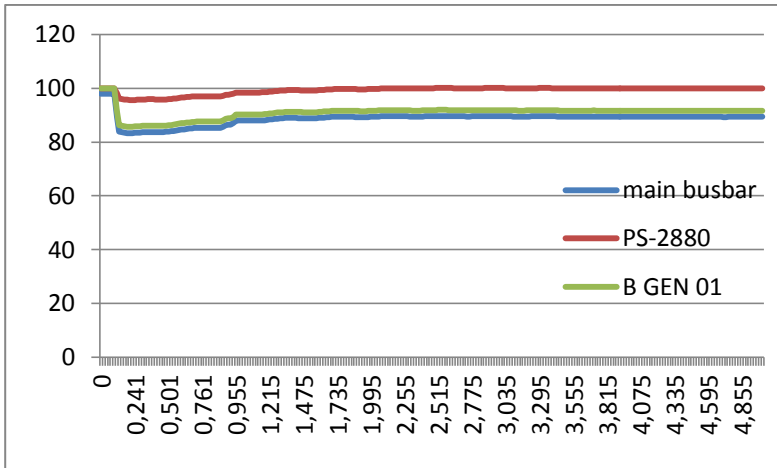
Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas(KW)
1	49.5	MC1301	Motor induksi	4000

#### 4.7.2 Generator BTG100 trip skema Load shedding II



**Gambar 4.44** Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap II

Dapat dilihat pada gambar 4.44 berikut, sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap II dengan total daya sebesar 4 MW, maka respon frekuensi generator BTG 100 menurun hingga mencapai *steady-state* 45.19 Hz. Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keadaan sebelumnya dengan frekuensi *steady-state* tahap I adalah 41.05 Hz.



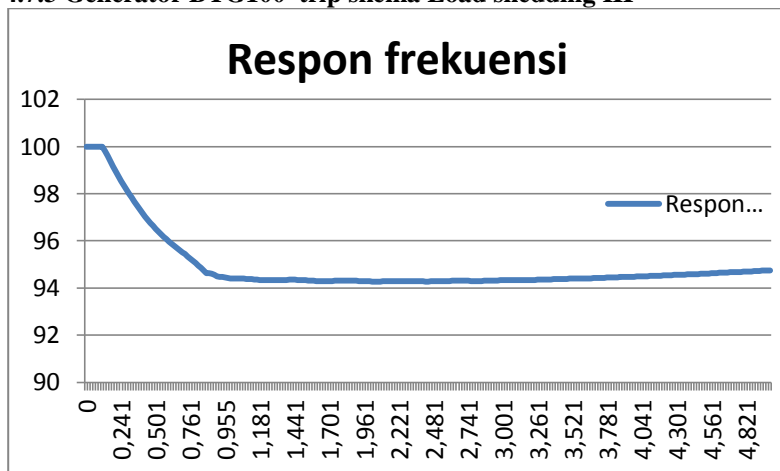
**Gambar 4.45** Respon tegangan Generator

Gambar 4.45 sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar, PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus. Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik. Setelah BTG 100 trip tegangan di main bus, PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing-masing 85.33%, 95.65% dan 85.70% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 89.37%, 99.99% dan 91.59% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%.

**Tabel 4.12** Load shedding Tahap II standar ANSI/IEEE C37 106-1987

Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas(KW)
2	49.25 Hz	MC-2101	Lump	0.34
		MCC-2117	Lump	0.34
		MCC-2149	Lump	0.34
		MCC-2133	Lump	0.34
		MC 2323	Motor induksi	300
		MC 2341	Motor induksi	160
		MM 2302A	Motor induksi	400
		MP 2601A	Motor induksi	150
		MP 2601C	Motor induksi	150
		MP 2602 A	Motor induksi	150
		MP 2602C	Motor induksi	150
		MQ 2204	Motor induksi	310
		MQ7131	Motor induksi	220
		Total		4 MW

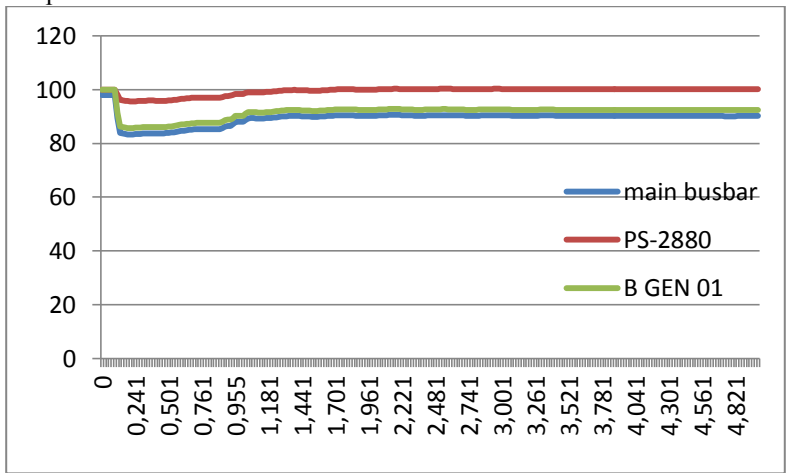
#### 4.7.3 Generator BTG100 trip skema Load shedding III



**Gambar 4.46** Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan Load shedding tahap III

Dapat dilihat pada gambar 4.46 berikut , sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap III dengan total daya sebesar 2.1 MW , maka respon frekuensi generator BTG 100 menurun hingga

mencapai *steady – state* 47.37 Hz.Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keadaan sebelumnya dengan frekuensi *steady - state* tahap II adalah 45.19Hz .



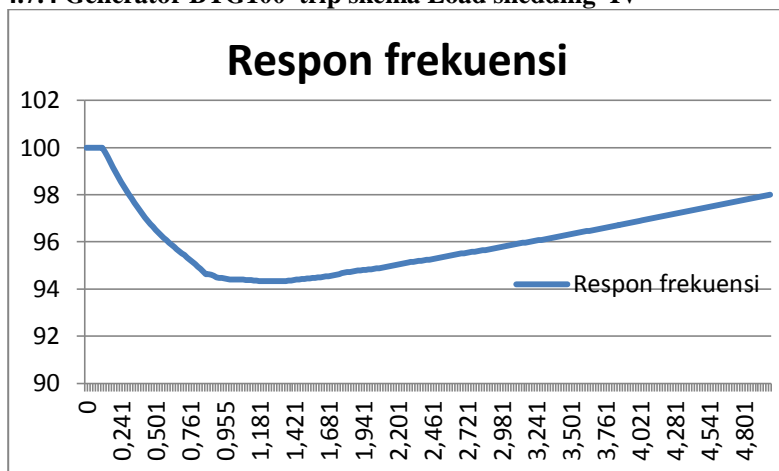
**Gambar 4.47** Respon tegangan Generator

Gambar 4.47 sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah BTG100 trip tegangan di main bus ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 83.35% ,95.84% dan 85.70% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 90.17% , 100.15% dan 92.37% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%

**Tabel 4.13** Load shedding Tahap III standar ANSI/IEEE C37 106-1987

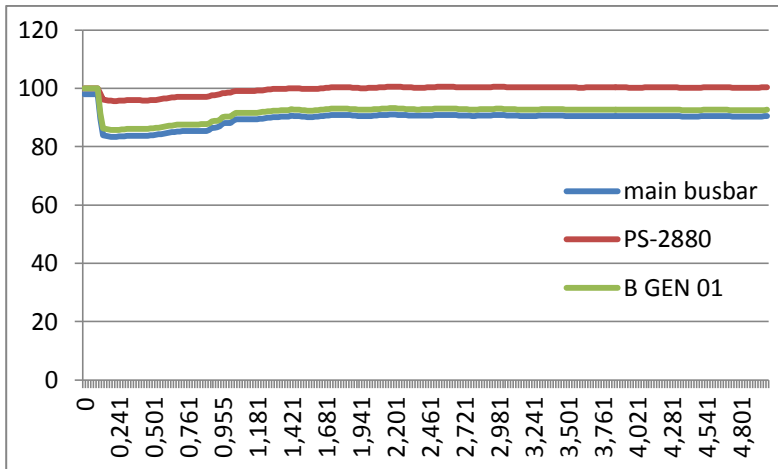
Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas (KW)
3	49 Hz	03 MC 101	Motor induksi	185
		03 MD 101	Motor induksi	1200
		03 MC 202	Motor induksi	310
		K2S04	Lump	170
		Load66	Beban Static	9
		Load67	Beban Static	5
		Load68	Beban Static	125
		Load69	Beban Static	12
		Load70	Beban Static	2
		Load71	Beban Static	2
		Load73	Beban Static	8
		Load74	Beban Static	20
		Load75	Beban Static	125
		Load76	Beban Static	9
		Load77	Beban Static	2
		Load78	Beban Static	2
		Total		2.1 MW

#### 4.7.4 Generator BTG100 trip skema Load shedding IV



**Gambar 4.48** Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan Load shedding tahap IV

Dapat dilihat pada gambar 4.48 berikut, sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap IV dengan total daya sebesar 1.9 MW, maka respon frekuensi generator GTG 100 menurun hingga mencapai *steady-state* 49Hz. Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari keadaan sebelumnya yang frekuensi *steady-state* tahap III adalah 47.37Hz.



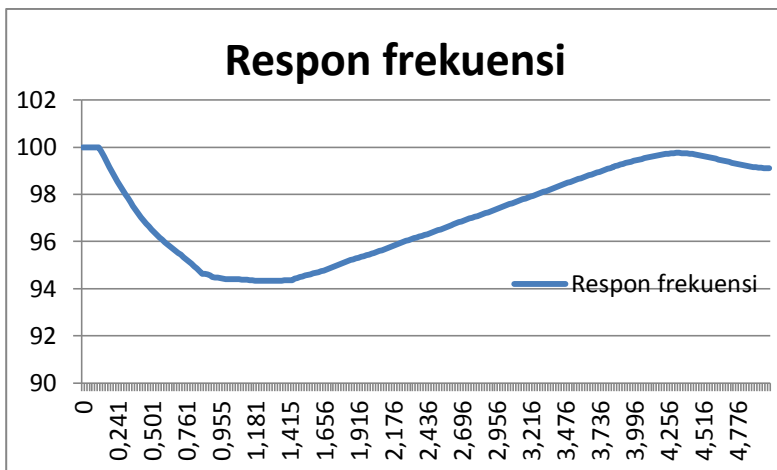
**Gambar 4.49** Respon tegangan Generator

Gambar 4.49 sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar, PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus. Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik. BTG100 trip tegangan di main bus, PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing-masing – masing 83.33, 95.65% dan 85.70% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 90.38%, 100.25% dan 92.56% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%.

**Tabel 4.14** Load shedding Tahap IV standar ANSI/IEEE C37 106-1987

Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas (KW)
3	49H z	M101-JLJIMI95	Motor induksi	265
		M101-JLJIMI96	Motor induksi	153
		M101-JLJIMI98	Motor induksi	9.7
		M101-JLJIM200	Motor induksi	27
		M101-JLJIM202	Motor induksi	91
		MC1302	Motor induksi	1000
		MP1101	Motor induksi	275
		MP1302	Motor induksi	170
		LSSI-SH	Lump	0.255
		Total		1.9 MW

#### 4.7.5 Generator GTG100 trip skema Load shedding V

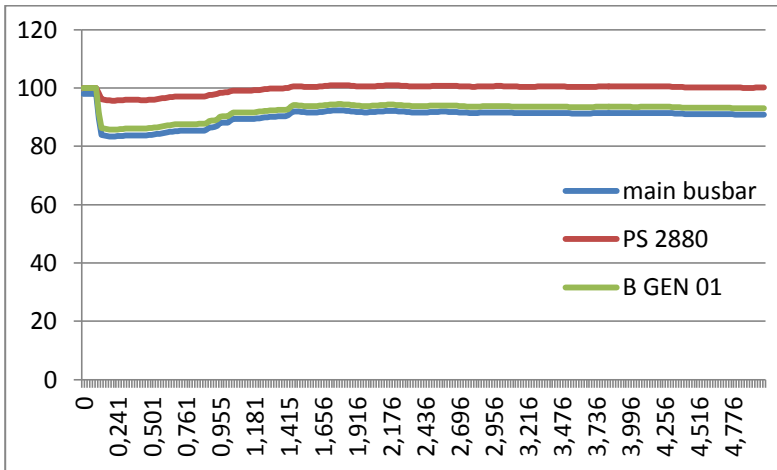


**Gambar 4.50** Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap V

Dapat dilihat pada gambar 4.50 berikut, sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap V dengan total daya sebesar 2.1



MW , maka respon frekuensi generator BTG 100 menurun hingga mencapai *steady – state* 49.55Hz. Hal ini berarti frekuensi mengalami kenaikan dari yang sebelumnya frekuensi *steady - state* tahap IV adalah 49 Hz .



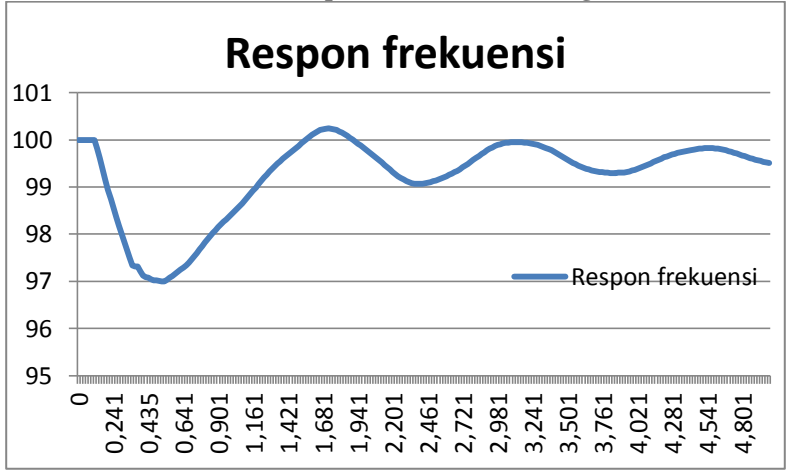
**Gambar 4.51** Respon tegangan generator

Gambar 4.51 sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih *bus* tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap *bus* yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . BTG100 trip tegangan di main *bus* ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 83.33% ,95.65% dan 85.70% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 90.88% , 100.10% dan 93.06% kondisi respon tegangan *bus* seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%\

**Tabel 4. 15** Load shedding Tahap I standar ANSI/IEEE C37 106-1987

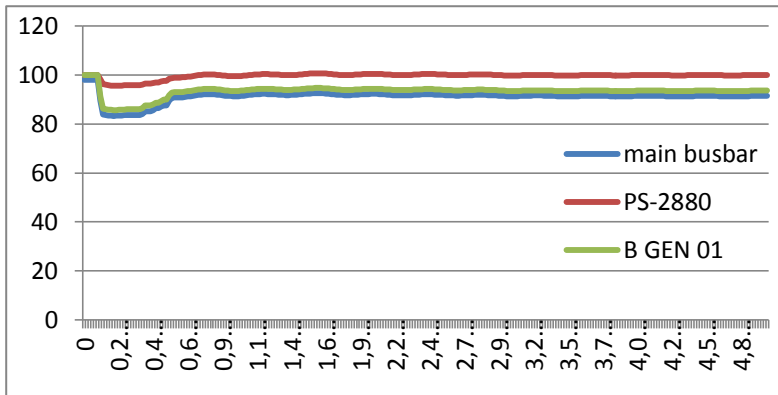
Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas (KW)
5	48.8 Hz	21 LVS 300-01	Lump	680
		21 MC 301	Motor induksi	160
		21 MC 303	Motor induksi	300
		21 MC 304	Motor induksi	175
		21 MC 361	Motor induksi	160
		21 MC 362	Motor induksi	450
		21 MC 305A	Motor induksi	250
		Total		2.1 MW

**4.7.6 Generator BTG100 trip skema Load shedding VI**



**Gambar 4.52** Respon Frekuensi Generator BTG 100 dan dilakukan *Load shedding* tahap VI

Dapat dihat pada gambar 4.52 berikut , sesuai hasil simulasi bahwa setelah dilakukan pelepasan beban tahap VI dengan total daya sebesar 2.7 MW , maka respon frekuensi generator BTG 100 naik hingga mencapai *steady – state* 49.9



**Gambar 4.53** Respon tegangan generator

Gambar 4.53 sesuai hasil simulasi didapatkan bahwa respon tegangan Main busbar ,PS-2880 dan B GEN 01 berbeda sesuai dengan beban yang ditanggung masing-masing bus .Dipilih bus tersebut karena bus-bus tersenut mewakili tiap bus yang ada di tiap level tegangan di PT.PETROKIMIA Gresik . setelah BTG100 trip tegangan di main bus ,PS-2880 dan B GEN 01 sempat menurun masing – masing 95.90% ,98.48% dan 99.73% namun akan naik kembali dan berada pada kondisi *steady state* 98.13% , 100.07% dan 100.14% kondisi respon tegangan bus seperti ini tidak bermasalah karena masih pada batas tegangan yang sesuai standar PLN yaitu +5% dan -10%\

**Tabel 4.16** Load shedding Tahap VI standar ANSI/IEEE C37 106-1987

Stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas (KW)
VI	48.5	MPKGRN 3	Lump	850
		MPKGRN 4	Lump	850
		M-1	Motor induksi	180
		M-2	Motor induksi	160
		LV NPK Granul	Lump	425
		M101-JLJ1M821	Motor induksi	5
		M101-JLJ1M820	Motor induksi	11
		M101-JLJ1M801	Motor induksi	10
		M101-JLJ1M809	Motor induksi	10
		M101-JLJ1M651	Motor induksi	7.5

stage	Setting Frekuensi	Load ID	Load type	Dilepas (KW)
		Load234	Beban statis	20
		Load231	Beban statis	50
		Load235	Beban statis	20
		Load230	Beban statis	20
		Load232	Beban statis	8
		Load229	Beban statis	8
		Load233	Beban statis	9
		Load48	Beban statis	8
		Load47	Beban statis	8
		Load46	Beban statis	50
		Load49	Beban statis	20
		Load44	Beban statis	8
		Load45	Beban statis	20
		Load50	Beban statis	20
		Total		2.7 MW

Berikut adalah Respon frekuensi dan tegangan pada kasus BTG100 trip Hasil perbandingan setting Relay frekuensi Rocof PT.PETROKIMIA Gresik dan standar ANSI/IEEE C37 106-1987

**Tabel 4.17** Relay frekuensi Rocof PT.PETROKIMIA Gresik

Parameter	Setting Relay frekuensi (Rocof) PT Petrokimia Gresik			
	Stage I	StageII	Stage III	Stage IV
Load shedding time (sec)	0.484	0.534	0.565	0.600
Under Nominal Frequency (Hz)	-	-	48.78	48.45
Above Nominal Frequency (Hz)	-	-	-	-
Frequency at steady state condition	43.29	47.67	49.5	49.74
Under Nominal Voltage (%)	83.33	83.33	83.33	83.33
Above Nominal voltage	-	-	-	-
Voltage at steady state condition (%)	88.94	89.5	90.02	91.46

**Tabel 4.18** standar ANSI/IEEE C37 106-1987

Parameter	Setting UFR berdasarkan standar ANSI/IEEE C37 106-1987					
	Stage I	Stage II	Stage III	Stage IV	Stage V	Stage VI
Load shedding time (sec)	0.984	1.084	1.100	1.500	1.515	1.525
Under Nominal Frequency (Hz)	-	-	47.15	47.16	47.16	47.16
Above Nominal Frequency (Hz)	-	-	-	-	-	50
Frequency at steady state condition	41.05	45.19	47.37	49	49.55	49.9
Under Nominal Voltage (%)	83.33	83.33	83.35	83.33	83.33	83.33
Above Nominal voltage	-	-	-	-	-	-
Voltage at steady state condition (%)	88.59	88.59	90.17	90.38	90.88	91.35

*--- Halaman ini sengaja dikosongkan---*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil yang di dapatkan dari simulasi dan analisis pada tugas akhir ini , dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1). Berdasarkan skema load shedding di PT.PETROKIMIA Gresik dengan menggunakan Relay Frekuensi *Rocof* untuk generator GTG 100 maka perlu melepas beban sebesar 17.2 MW hingga mencapai kondisi *steady - state* load shedding ke IV dan mempunyai respon time 0.6 s
- 2). Dengan menggunakan Relay dengan Setting UFR berdasarkan standar ANSI/IEEE C37 106-1987 untuk generator GTG100 maka perlu melepas beban sebesar 17.2 MW . hingga mencapai kondisi *steady – state* load shedding ke VI dan mempunyai respon time 1.5s
- 3). Untuk menaikkan frekuensi sistem akibat trip/lepasnya generator TG65 dan TG66 maka perlu dilakukan load shedding hingga *load shedding* I dengan total beban 5.4 MW .
- 4). Akibat kasus trip / lepasnya GTG100 ataupun BTG100 tanpa dilakukan *load shedding* menyebabkan jumlah beban yang ditanggung pembangkit tersisa (GTG100 atau BTG100) lebih besar dari kapasitas daya mampunya sehingga frekuensi generator turun mencapai 47.265Hz (GTG100 trip) dan 36.88Hz (BTG100 trip) namun untuk tegangan main bus ,PS-2880 dan B-GEN 01 masih dianggap stabil karena masih berada pada nilai toleransi berdasarkan standard tegangan PLN -5% dan +5%

## **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan pengembangan simulasi ini adalah sebagai berikut :

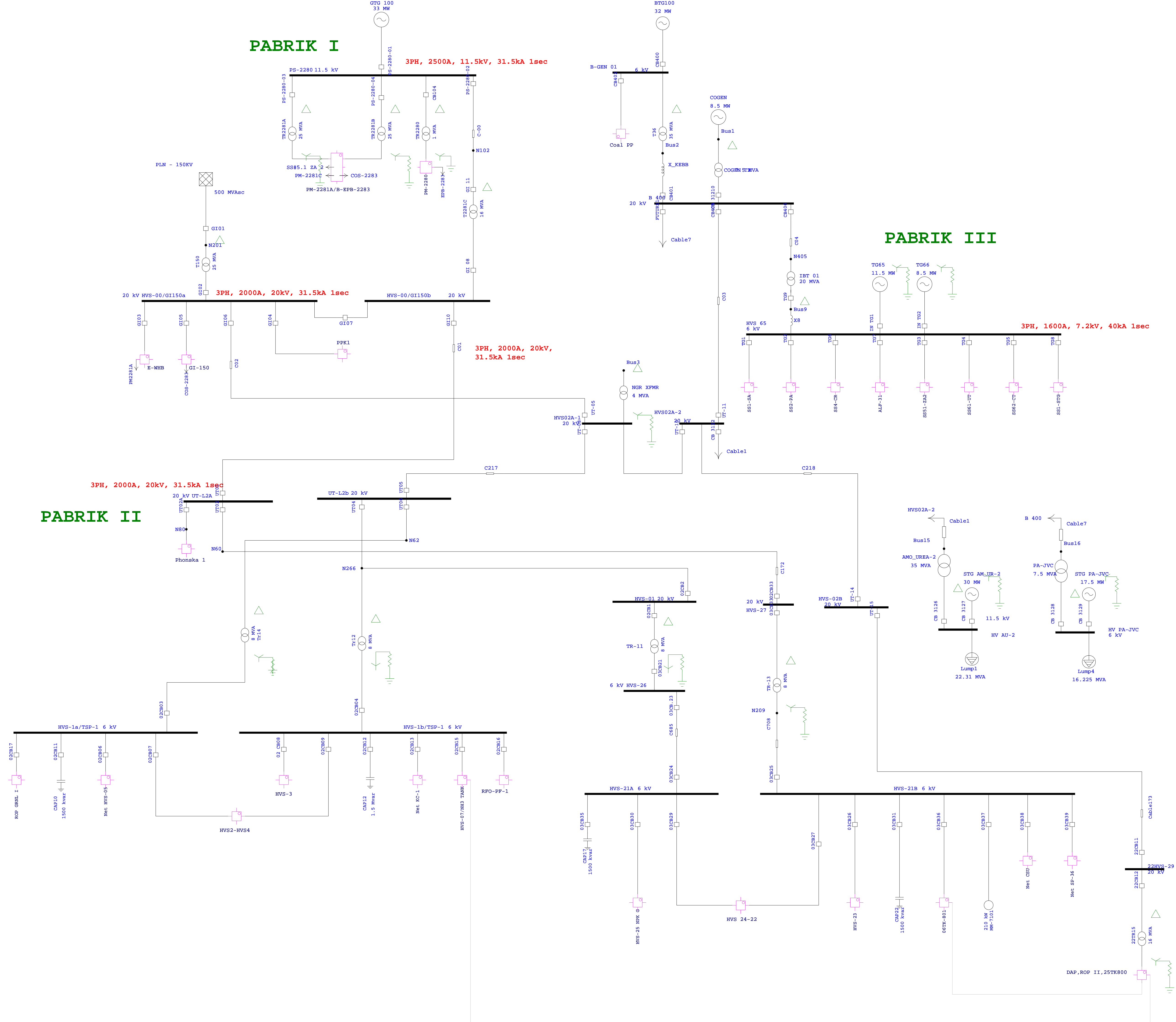
1. Dari sisi realibity dan selectivity , PT PETROKIMIA Gresik mungkin perlu mempertimbangkan setting UFR sesuai standard (ANSI/IEEE C37 106-1987) sebagai pilihan dengan melihat perbandingan hasil analisa yang telah dilakukan
2. Durasi lamanya periode transien yang terjadi ketika generator outage (trip) harus mempertimbangkan time delay di setting Relay frekuensi (Rocof) sebesar 0.1 s



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayat, Fani Irfan. (2004). Simulasi Pelepasan Beban Pada Sistem Tenaga Listrik. Depok: Departemen Elektro Fakultas Teknik UI.
- [2] IEEE Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants.(2003). New York: IEEE The Institute of Electrical and Electrical Engineers Inc.
- [3] Lokay, H.E., and and V. Burtnyk. (1968). Application of Underfrequency Relays for Automatic Load Shedding.
- [4] Yuli, Asiffudin. (1998). Studi Aplikasi Pelepasan Beban Pada Penurunan Frekuensi Sistem Tenaga Listrik. Depok: Jurusan Elektro Fakultas Teknik UI.
- [5] Karim, Khairuddin., Adi Soeprijanto, Mauridhi Hery Purnomo. (2008). Pelepasan Beban Otomatis Menggunakan ANN-CBP-FLC Pada Sistem
- [6] Defariza. (2009). Studi pelepasan beban (Load shedding) Sistem Kelistrikan PT.PERTAMINA (Persero) R.U.III Plaju-Sungai Gerong . Surabaya: Laporan Kerja praktek,ITS. Surabaya
- [7] ANSI/IEEE C37.106-1987 . IEEE Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants .
- [8] SEMI F47 and F42 . Voltage Sag Immunity Standards .

--Halaman ini sengaja dikosongkan--



## RIWAYAT HIDUP PENULIS



“Kegagalan adalah awal dari kesuksesan”

Nama : Riski Arif Suchahyo  
TTL : Gresik , 10 agustus 1991  
Kewarganegaraan : Warga Negara Indonesia  
Golongan Darah : A  
Alamat : Perum Palem Pertiwi Bi -07 Gresik  
E-mail : ArifResky@gmail.com  
Hand Phone : +6285730443441

### RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2006-2009 : SMA NEGRI 1 MENGANTI
2. 2010-2013 : D3 TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI ITS
3. 2013-Sekarang : TEKNIK ELEKTRO ITS

### PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PJB UP GRESIK
2. Kerja Praktek di UPJ PLN – Surabaya Barat
3. PT Krakatau daya steel - Cilegon

### PENGALAMAN ORGANISASI

1. Staff Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM)  
FORKOM D3 Teknik Elektro Industri (2011 – 2012)
2. Staff Pendidikan dan Kesejahteraan Mahasiswa (DIKESMA)  
FORKOM D3 Teknik Elektro Industri (2012 – 2013)